

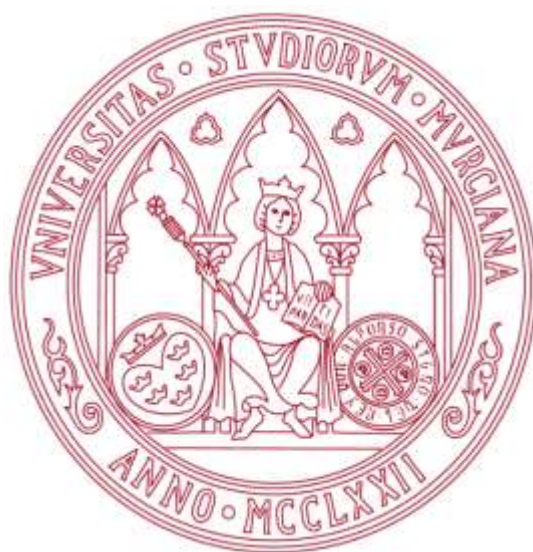


UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Valoración del Plano Sagital del Raquis, el Morfotipo Sagital Integral y la Extensibilidad Isquiosural en Escolares de 3 a 12 Años de Edad

Dña. Andrea Moreno Ferre
2022



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Valoración del Plano Sagital del Raquis, el Morfotipo Sagital Integral y la Extensibilidad Isquiosural en Escolares de 3 a 12 Años de Edad

D^a. Andrea Moreno Ferre

Directores:

Fernando Santonja Medina

María del Pilar Sainz de Baranda Andújar

2022

UNIVERSIDAD DE
MURCIA



UNIVERSIDAD DE MURCIA
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA, PEDIATRÍA,
OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA
Facultad de Medicina

D. Fernando Santonja Medina

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

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “Valoración del Plano Sagital del Raquis, el Morfotipo Sagital Integral y la Extensibilidad Isquiosural en **Escolares de 3 a 12 Años de Edad**”, realizada por D^a. Andrea Moreno Ferre, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta 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 ocho de septiembre dos mil veintidós.

D. Fernando Santonja Medina

UNIVERSIDAD DE
MURCIA



UNIVERSIDAD DE MURCIA
DEPARTAMENTO DE ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE
Facultad de Ciencias del Deporte

D^a. María del Pilar Sainz de Baranda Andújar

Doctora en Ciencias del Deporte y Catedrática del Departamento de Actividad Física y Deporte de la Universidad de Murcia

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “Valoración del Plano Sagital del Raquis, el Morfotipo Sagital Integral y la Extensibilidad Isquiosural en Escolares de 3 a 12 Años de Edad”, realizada por D^a. Andrea Moreno Ferre, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta 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, ocho de septiembre dos mil veintidós.

D^a. María del Pilar Sainz de Baranda Andújar

A mis padres, por vuestro amor incondicional. Gracias por los principios y valores que me habéis dado, por vuestro sacrificio para seguir luchando por mis sueños.

A mi hermana, por tu ayuda incalculable, por tu gran corazón y por estar siempre a mi lado.

A mi abuela Conchita, por enseñarme a no desfallecer ni rendirme, por tus sabios consejos y apoyo en los momentos más delicados, por el cariño y el amor con el que me has visto crecer.

A Sari, mi gran amor. Gracias por ser mi mayor apoyo, por confiar en mí y por tu forma tan bonita de vivir la vida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi directora, la Prof. Dra. Doña Pilar Sainz de Baranda Andújar, por el tiempo y el esfuerzo que me has dedicado, por enseñarme a disfrutar de la investigación y por los momentos vividos tan bonitos. Gracias por quedarte a mi lado a pesar de los contratiempos y dificultades. Gracias porque sin ti no hubiera sido posible esta tesis doctoral.

Gracias a mi director, el Prof. Dr. D. Fernando Santonja Medina, por mostrarme la importancia de la investigación y su aplicación clínica, por tus conocimientos del aparato locomotor y participación en mi formación científica y profesional.

Gracias al profesor Antonio Cejudo, por tu impulso en la investigación, por la realización y asesoramiento de la estadística, así como por tu inestimable ayuda para llevar a término mi tesis doctoral.

Gracias a mi familia por darme la libertad para tomar cada decisión en mi vida. Por apoyarme tras cada tropiezo recordándome que ellos siguen ahí. Por animarme en cada nuevo proyecto personal y profesional.

A Sari, por confiar en mi, por animarme a seguir mejorando cada día. Por ser una persona admirable y un ejemplo a seguir.

Gracias a Victoria Fuentes, por la organización y tu implicación, por los días dedicados a las mediciones de los escolares.

A Miriam, gracias por estar siempre a mi lado, por apoyarme en todos mis sueños y aconsejarme. Gracias por nuestros momentos inolvidables y nuestros increíbles viajes.

A Lorena, por aparecer en mi vida, por contagiarme tus locuras, por sacarme una sonrisa cada vez que pienso en ti. Gracias por dejarme disfrutar de tu maravillosa familia.

A Mireia, por tus ánimos cargados de energía. Por tus fantásticos mensajes llenos de carcajadas, por tu confianza y amistad.

A Sara, Fernando y Fer, por vuestro cariño, paciencia y consejos. Gracias por vuestra generosidad y por celebrar conmigo cada éxito conseguido.

A Gema, por compartir locuras y viajes inolvidables. Gracias porque sin ti, el grupo no sería tan especial.

A mis personas imprescindibles, por comprender mis largas ausencias y animarme a seguir avanzando.

Gracias a los componentes del Grupo de Investigación “Aparato Locomotor y Deporte” (E0B5-07) por darme la oportunidad de poder investigar a vuestro lado.

A los centros escolares y profesores que han confiado en este trabajo y han colaborado con esta investigación.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| ABREVIATURAS..... | 15 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 17 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 21 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 23 |
| 1.1. PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 25 |
| 1.2. FILOGÉNESIS DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 32 |
| 1.3. ONTOGÉNESIS Y EVOLUCIÓN DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 34 |
| 1.4. MORFOTIPO SAGITAL INTEGRAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 37 |
| 1.5. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL..... | 45 |
| 2. HIPÓTESIS y OBJETIVOS..... | 51 |
| 3. MÉTODO..... | 55 |
| 3.1. DISEÑO..... | 57 |
| 3.2. MUESTRA..... | 57 |
| 3.3. PROCEDIMIENTO..... | 59 |
| Anamnesis y exploración de la columna vertebral..... | 60 |
| Valoración de las variables antropométricas..... | 61 |
| Valoración de la disposición sagital de la columna vertebral..... | 63 |
| Valoración del ángulo Sacro-Vertical en Bipedestación..... | 64 |
| Valoración de la pelvis en Sedentación..... | 67 |
| “Morfortipo Sagital Integral”: Clasificación Diagnóstica..... | 68 |
| Valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural..... | 71 |

| | |
|--|------------|
| 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 73 |
| 4. RESULTADOS..... | 75 |
| 4.1. CURVATURAS SAGITALES DE LA COLUMNA VERTEBRAL Y LA PELVIS..... | 77 |
| 4.2. MORFOTIPO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 82 |
| 4.3. MORFOTIPO SAGITAL INTEGRAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 92 |
| 4.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL..... | 102 |
| 4.5. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL..... | 114 |
| 4.5.1. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN LOS NIÑOS..... | 123 |
| 4.5.2. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN LAS NIÑAS..... | 127 |
| 5. DISCUSIÓN..... | 133 |
| 5.1. VALORACIÓN DE LA DISPOSICIÓN SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD..... | 136 |
| 5.2. VALORACIÓN DEL MORFOTIPO RAQUÍDEO SAGITAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD..... | 145 |
| 5.3. MORFOTIPO SAGITAL INTEGRAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD..... | 148 |
| 5.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD..... | 153 |
| 5.5. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD..... | 156 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 165 |
| 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 177 |

ABREVIATURAS

| | |
|--|---|
| AVD: Actividades de la Vida Diaria | N: Newton |
| BIP: Bipedestación | OR: Odds Ratio (riesgo relativo) |
| CEIP: Colegio de Educación Infantil y Primaria | PVC: Pico de Velocidad de Crecimiento |
| cm: centímetro | ROC: características operativas del receptor |
| CM: Mínimo Cambio Detectable | ROM: Rango de Movimiento (Range of motion) |
| Dch: Derecha | SD: standard deviation / desviación típica |
| DD-P: Distancia Dedos-Planta | SED: Sedentación; |
| DDS: Distancia Dedos-Suelo | TE: Error Estándar |
| DE: Desviación Estándar | BS test: Test de Biering-Sorensen |
| ES: Error Estándar | SB test: Test Side Bridge |
| EPR: Elevación de la Pierna Recta | DFlexión: Test de la dorsi-flexión con rodilla flexionada |
| FLXT: Flexión del Tronco | EPR: Test de Elevación de la Pierna Recta |
| HE: Hip extensión/extensión de cadera (extensibilidad del Psoas Iliaco) | C1: 1ª Vértebra cervical |
| HF-KE: Hip flexion with knee extensión/flexión de cadera con rodilla estirada (extensibilidad de la musculatura isquiosural) | L1: 1ª Vértebra lumbar |
| IC: intervalo de confianza | S1: 1ª Vértebra sacra |
| ICC: índice de correlación intraclase | T1: 1ª Vértebra torácica o dorsal |
| ID: Número de Identificación | C2: 2ª Vértebra cervical |
| IMC: Índice de Masa Corporal | T3: 3ª Vértebra torácica o dorsal |
| ISAK: The International Society for the Advancement of Kinanthropometry | T4: 4ª Vértebra torácica o dorsal |
| Izq: Izquierda | L5: 5ª Vértebra lumbar |
| kg/m ² : Kilogramos/metros cuadrados | S5: 5ª Vértebra sacra |
| Kg: Kilogramos | T6: 6ª Vértebra torácica o dorsal |
| L-H fx: Ángulo Lumbo-Horizontal en flexion del tronco | C7: 7ª Vértebra cervical |
| | T8: 8ª Vértebra torácica o dorsal |
| | T9: 9ª Vértebra torácica o dorsal |

L-H SA: Ángulo Lumbo-horizontal en L2: 2ª Vértebra lumbar
sedentación asténica L3: 3ª Vértebra Lumbar

L-V: Ángulo Lumbo-vertical L4: 4ª Vertebra Lumbar

MDC95: mínimo cambio detectable con un
intervalo de confianza del 95%

mm: milímetro

T11: 11ª Vértebra torácica o dorsal

T12: 12ª Vértebra torácica o dorsal

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Clasificación de las alineaciones del plano sagital en varones. Tomado de Dolphens et al. (2013). | 38 |
| Tabla 2. Clasificación de las alineaciones del plano sagital en mujeres púberes. Tomado de Dolphens et al. (2014). | 38 |
| Tabla 3. Valores descriptivos de los parámetros demográficos y antropométricos de los escolares estudiados en función del sexo. | 57 |
| Tabla 4. Valores descriptivos de los parámetros demográficos y antropométricos de los escolares estudiados en función del curso. | 58 |
| Tabla 5. Valores descriptivos de los parámetros demográficos y antropométricos de los escolares estudiados en función de la etapa y ciclo. | 58 |
| Tabla 6. Datos de fiabilidad obtenidos en el estudio piloto. | 60 |
| Tabla 7. Clasificación diagnóstica del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal. | 69 |
| Tabla 8. Clasificación diagnóstica del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar. | 70 |
| Tabla 9. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral y la pelvis en función del sexo en escolares de 3 a 13 años. | 77 |
| Tabla 10. Valores descriptivos de las curvas sagitales del raquis en función del curso en escolares de 3 a 13 años. | 78 |
| Tabla 11. Valores descriptivos de la disposición de la pelvis en función del curso en escolares de 3 a 12 años. | 78 |
| Tabla 12. Valores descriptivos de las curvaturas sagitales del raquis en función de la etapa y ciclo en escolares de 3 a 12 años. | 79 |
| Tabla 13. Valores descriptivos de la disposición de la pelvis en función del curso en escolares de 3 a 12 años. | 79 |
| Tabla 14. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral y la pelvis en función de la etapa escolar, ciclo y sexo de los escolares de 3 a 12 años. | 81 |
| Tabla 15. Valores descriptivos en grados de la curva dorsal y lumbar en cada posición. | 82 |
| Tabla 16. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco. | 83 |
| Tabla 17. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco según sexo. | 85 |
| Tabla 18. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco según etapa y ciclo. | 87 |
| Tabla 19. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco según etapa, ciclo y sexo. | 90 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 20. Porcentajes y frecuencia de escolares según categorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal. | 92 |
| Tabla 21. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal. | 93 |
| Tabla 22. Porcentajes y frecuencia de escolares según categorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar. | 94 |
| Tabla 23. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar. | 95 |
| Tabla 24. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal en función de la etapa y ciclo. | 97 |
| Tabla 25. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar en función de la etapa y ciclo. | 98 |
| Tabla 26. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal en función de la etapa, el ciclo y el sexo. | 100 |
| Tabla 27. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar en función de la etapa, el ciclo y el sexo. | 101 |
| Tabla 28. Valores descriptivos de la extensibilidad isquiosural valorada a través del DD-P y del L-H fx en función del sexo en escolares de 3 a 12 años. | 102 |
| Tabla 29. Valores descriptivos de la extensibilidad isquiosural valorada a través del DD-P y del L-H fx en función del curso en escolares de 3 a 12 años. | 102 |
| Tabla 30. Valores descriptivos de la extensibilidad isquiosural valorada a través del DD-P y del L-H fx en función de la etapa/ciclo en escolares de 3 a 12 años. | 103 |
| Tabla 31. Valores descriptivos de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en función de la etapa escolar, ciclo y sexo de los escolares de 3 a 12 años. | 103 |
| Tabla 32. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos-planta. | 104 |
| Tabla 33. Número de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos-planta en función de la etapa y el ciclo. | 105 |
| Tabla 34. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad isquiosural valorada con el test distancia dedos-planta según etapa/ciclo. | 106 |
| Tabla 35. Valores medios y desviación típica según grado de extensibilidad isquiosural en el test DD-P en función de la etapa, el ciclo y el sexo. | 107 |
| Tabla 36. Porcentajes y frecuencia de escolares en el test DD-P según grado de extensibilidad isquiosural en función de la etapa, el ciclo y el sexo. | 108 |
| Tabla 37. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test L-H fx. | 109 |
| Tabla 38. Número de casos en función del valor obtenido con el test L-H fx en función de la etapa y el ciclo. | 110 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 39. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad isquiosural valorada con el test L-H fx según etapa/ciclo. | 112 |
| Tabla 40. Valores medios y desviación típica de extensibilidad isquiosural en el test L-H fx en función de la etapa, el ciclo y el sexo. | 112 |
| Tabla 41. Porcentajes y frecuencia de escolares según grado de extensibilidad isquiosural en el test L-H fx en función de la etapa, el ciclo y el sexo. | 113 |
| Tabla 42. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral y la pelvis en función del sexo en escolares de 3 a 13 años. | 114 |
| Tabla 43. Puntos de corte que establecen las categorías normal e incrementada en las diferentes curvaturas sagitales del raquis. | 115 |
| Tabla 44. Resultados de la regresión logística para los factores de riesgo asociados a las desalineaciones sagitales del raquis. | 117 |
| Tabla 45. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en bipedestación. | 118 |
| Tabla 46. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en sedentación. | 119 |
| Tabla 47. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para la curva dorsal en flexión del tronco. | 120 |
| Tabla 48. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para la curva lumbar en flexión del tronco. | 121 |
| Tabla 49. Resultados de la regresión logística para los factores de riesgo asociados a las desalineaciones sagitales del raquis para los niños. | 124 |
| Tabla 50. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en bipedestación para los niños. | 125 |
| Tabla 51. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en sedentación para los niños. | 125 |
| Tabla 52. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en flexión del tronco para los niños. | 126 |
| Tabla 53. Resultados de la regresión logística para los factores de riesgo asociados a las desalineaciones sagitales del raquis en las niñas. | 128 |
| Tabla 54. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en bipedestación para las niñas. | 129 |
| Tabla 55. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en sedentación para las niñas. | 130 |
| Tabla 56. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en flexión del tronco para las niñas. | 131 |
| Tabla 57. Cifosis dorsal y lordosis lumbar durante el crecimiento. Tomado de Cil et al (2004). | 137 |
| Tabla 58. Cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación relajada. Tomado de Wen et al. (2022). | 139 |

| | |
|---|------------|
| Tabla 59. Cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación relajada. Tomado de Wen et al. (2022). | 140 |
| Tabla 60. Valores descriptivos de las características antropométricas, curvaturas sagitales del raquis y rango de movimiento. Tomado de Cejudo (2022). | 142 |
| Tabla 61. Valores descriptivos de las características antropométricas y del “Fitness Postural”. Tomado de Martínez-Romero (2021). | 144 |
| Tabla 62. Porcentajes y frecuencia de escolares en función de los valores de normalidad para la curva dorsal. Tomado de Martínez-Romero (2021). | 147 |
| Tabla 63. Porcentajes y frecuencia de escolares en función de los valores de normalidad para la curva lumbar. Tomado de Martínez-Romero (2021). | 148 |
| Tabla 64. Porcentajes y frecuencia de escolares en función del “Morfotipo Sagital Integral”. Tomado de Martínez-Romero (2021). | 149 |
| Tabla 65. Porcentajes y frecuencia de escolares en función del “Morfotipo Sagital Integral”. Tomado de Martínez-Romero (2021). | 150 |
| Tabla 66. Valores de las curvaturas dorsal y lumbar. Tomado de Widhe (2001). | 159 |
| Tabla 67. Extensibilidad de la musculatura isquiosural, psoas iliaco y sóleo para los niños con curvatura sagital normal o con desalienación. Tomado de Cejudo (2022). | 161 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1. Perfiles sagitales de la postura anterior y neutra. Tomado de Harrison et al. (2005). | 27 |
| Figura 2. Distribución media (SD) del estrés de compresión sobre el disco intervertebral para los segmentos C2-S1. Tomado de Harrison et al. (2005). | 28 |
| Figura 3. Distribución media (SD) del estrés de cizalla sobre el disco intervertebral para los segmentos C2-S1. Los valores negativos indican cizalla anterior. Tomado de Harrison et al. (2005). | 29 |
| Figura 4. Distribuciones de la carga sobre el disco intervertebral anterior (A) y posterior (B) para la postura neutra y la postura de traslación anterior. Tomado de Harrison et al. (2005). | 30 |
| Figura 5. Test de Adams y cuantificación del grado de desnivel con un Escoliometer. | 62 |
| Figura 6. Valoración de la mediciones antropométricas. | 62 |
| Figura 7. Valoración de la curva dorsal y lumbar en bipedestación relajada. | 63 |
| Figura 8. Valoración del ángulo Sacro-Vertical en Bipedestación. | 64 |
| Figura 9. Valoración de la curva dorsal y lumbar en flexión máxima del tronco. | 65 |
| Figura 10. Valoración de curva dorsal y lumbar en sedentación asténica. | 66 |
| Figura 11. Ángulo Lumbo-Horizontal en Sedentación Asténica (L-H SA). | 67 |
| Figura 12. Valoración del test Distancia Dedos-Planta (DD-P). | 71 |
| Figura 13. Ángulo Lumbo-Horizontal en flexión del tronco (L-H fx). | 72 |
| Figura 14. Evolución de la cifosis y lordosis con la edad durante las etapas de crecimiento. Tomado de Cil et al. (2004). | 138 |

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

El raquis o la columna vertebral, es una estructura ósea en forma de pilar constituida por 33-34 vértebras superpuestas, alternadas por 23 discos intervertebrales a los que se unen por potentes ligamentos y estructuras músculo-tendinosas.

Las vértebras se disponen en 5 regiones: la región cervical de C1 a C7 (7 vértebras), la región dorsal o torácica de T1 a T12 (12 vértebras), la región lumbar de L1 a L5 (5 vértebras), la región sacra de S1-S5 (5 vértebras) y el cóccix (4-5 vértebras). De estos 33-34 segmentos, 24 son móviles y contribuyen al movimiento del tronco (Hamill y Knutzen, 1995), mientras que los otros dos grupos de vértebras están soldadas formando la región sacro-coccígea.

Esta estructura de forma global asegura tres características fundamentales: 1) dotar de rigidez para soportar cargas axiales; 2) proteger las estructuras del sistema nervioso central (médula, meninges y raíces nerviosas) y, 3) otorgar una adecuada movilidad y flexibilidad para los principales movimientos del tronco (Kirby y Roberts, 1985; Panjabi, 1985; Miralles y Puig, 1998). Por otro lado, y de forma específica, las vértebras cervicales sostienen y proporcionan movilidad al cuello y la cabeza; las vértebras torácicas combinan el soporte de cargas con la movilidad; las vértebras lumbares tienen como función principal el soporte de cargas y el reparto de presiones y el sacro y el coxis, cuya función principal es transmitir el peso del cuerpo a la cintura pélvica y las extremidades inferiores (Ferguson y Steffen, 2003).

Las vértebras son diferentes en tamaño y forma, siendo las vértebras cervicales las más pequeñas y las lumbares las más grandes. Las vértebras lumbares y sacras son las que soportan más peso, y debido a ello los cuerpos vertebrales son más grandes hacia el extremo inferior de la columna para luego hacerse progresivamente más pequeños a nivel del cóccix. El sacro y el cóccix se funden formando una base sólida en forma de cuña que transmite la carga axial de la columna vertebral hacia los huesos de la pelvis y las articulaciones de la cadera en las extremidades inferiores (Ferguson y Steffen, 2003).

Hay que tener en cuenta que la columna vertebral debe ser recta en el plano frontal, sin rotación en el plano transversal y presentar 4 curvaturas en el plano sagital. Los cuatro parámetros que justifican la presencia de dichas curvaturas en el plano sagital 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 (Llanos y Martín, 1998).

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el plano sagital y sus curvaturas deben permanecer dentro de unos rangos de normalidad que permitan lograr un equilibrio estático y dinámico, una función muscular correcta y una distribución adecuada de las cargas para minimizar el riesgo de lesión (Penha et al., 2008).

Las alteraciones del equilibrio sagital y las curvaturas sagitales del raquis han sido relacionadas con diferentes trastornos músculo-esqueléticos. Trabajos previos han encontrado una relación positiva entre un aumento de la cifosis y de la lordosis en la postura de bipedestación y el dolor de espalda (Roncarati y McMullen, 1988; Öhlen et al., 1989 b; Salminen et al., 1992; Salminen et al., 1993; Christie et al., 1995), la lumbalgia aguda y crónica (Harrison et al., 1998; Steinberg et al., 2003), la degeneración discal (Schlegel et al., 1996; Umehara et al., 2000; Kumar et al., 2001; Akamaru et al., 2003), la espondilosis (Schlegel et al., 1996; Oda et al., 1999), la espondilolistesis (Antoniades et al., 2000), la osificación ligamentosa (Nathan et al., 1994; Fukuyama et al., 1995), una artrosis temprana y degeneración discal (Lauerman et al., 1992; Abdel-Hamid et al., 1994), y la osteoporosis y las fracturas vertebrales por compresión (Abdel-Hamid et al., 1994; Keller et al., 2003).

Otros estudios como el de Kaneko y Horie (2012) han demostrado que la postura corporal afecta a la función respiratoria y al rango de movimiento del tórax y del diafragma. Los cambios excesivos en la curvatura de la columna dorsal también pueden afectar a la ventilación pulmonar. Culham et al. (1994) compararon la capacidad vital de mujeres con cifosis dentro de los parámetros de normalidad y mujeres con hipercifosis torácica causada por osteoporosis y encontraron que la capacidad vital y la movilidad de las costillas estaban significativamente afectadas en mujeres con hipercifosis. Mientras que Wen et al. (2022) tras valorar a 1138 escolares observaron una asociación entre el ángulo de la cifosis torácica y la capacidad vital, de tal forma que la capacidad vital de los escolares con una cifosis torácica normal (definida como entre 20° y 40°) era significativamente mayor que la de los estudiantes con una cifosis torácica mayor o menor ($p < 0,01$). Por lo que una curvatura torácica dentro de los parámetros de la normalidad será esencial para tener una correcta función pulmonar.

El equilibrio sagital y las curvaturas de la columna vertebral condicionarán las cargas y tensiones que actúan sobre los diferentes elementos de la columna vertebral. Por ello, será tan importante mantener las curvas dentro de los rangos de normalidad y no sobrecargar a los diferentes elementos de la columna vertebral (Keller et al., 2005).

Investigaciones previas como la de Keller et al. (2005) o Harrison et al. (2005) han observado como la pérdida de las curvaturas fisiológicas de la columna vertebral, así como la pérdida del equilibrio sagital aumenta la presión intradiscal y el estrés de compresión y de cizalla.

Específicamente, en el trabajo de Harrison et al. (2005) se analizó el equilibrio y la alineación sagital, a través de la digilización de dos radiografías en bipedestación (una radiografía en posición neutra y otra forzando una traslación anterior del torax con respecto al a pelvis). Se calcularon varios parámetros, calculando el equilibrio sagital a partir del modelo de elementos cuadriláteros, el ángulo torácico, ángulo lumbar y el ángulo sacro de Ferguson. En la postura neutra, la media de la alineación sagital T1-T12 (+Tz) fue de +1,8 mm (rango, -44,9 mm a 29,7 mm), aumentando a una alineación sagital media de -21,2 mm (rango, -75,5 mm a 24,7 mm) en la postura de traslación anterior. Las diferencias en la alineación T1-T12 para las posturas neutra y anterior fueron estadísticamente significativas ($p=0,007$) (figura 1).

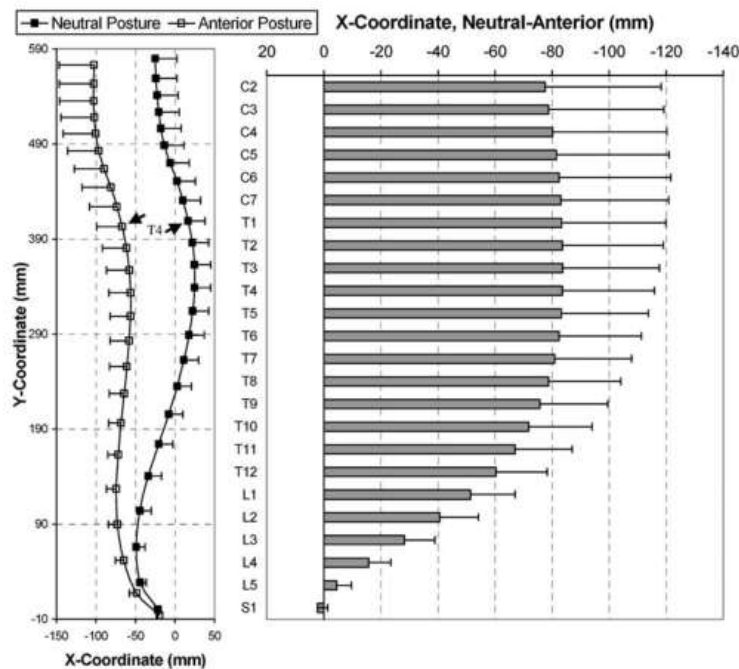


Figura 1. Perfiles sagitales de la postura anterior y neutra.

Tomado de Harrison et al. (2005).

En la postura “neutra”, el estrés de cizalla sobre el disco intervertebral representaba una media del 14,7%, el 10,5% y el 22,4% del estrés de compresión para las regiones cervical, torácica y lumbar, respectivamente. El estrés sobre el disco intervertebral aumentó en la postura de traslación anterior en comparación con la postura neutra. El estrés de compresión (figura 2) y el estrés de cizalla (figura 3) aumentaron significativamente ($p < 0,05$) en la postura de traslación anterior en todos los niveles por debajo de T8-T9 y T5-T6, respectivamente. En el estrés de compresión, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las posturas neutral y anterior para los segmentos T9-T10 a L5-S1 (figura 2), mientras que, para los valores de estrés de cizalla, se observaron diferencias estadísticamente significativas para los segmentos de T6-T7 a L5-S1 (figura 3). El máximo aumento postural se observó en la tensión de compresión del disco intervertebral (92,2%), en L5-S1, y el estrés de cizalla (609%), en L3-L4. Las cargas de los músculos extensores también aumentaron significativamente hasta el 94,2%, desde el 8,2% ($p < 0,05$), en la postura de traslación anterior para los niveles inferiores a T7-T8.

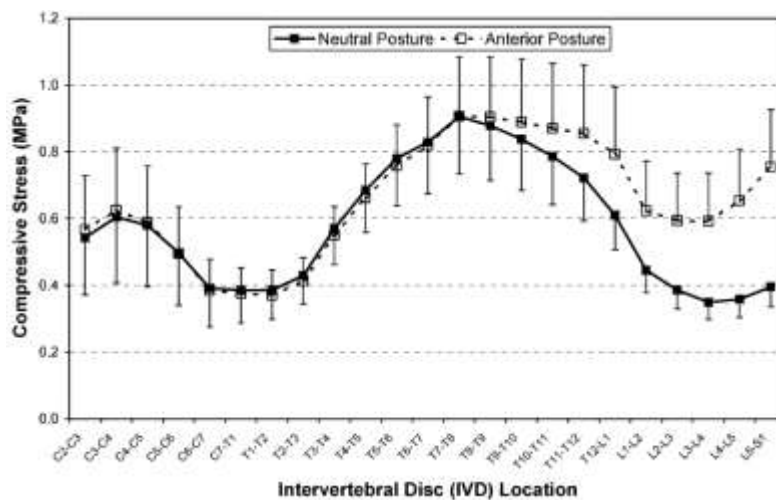


Figura 2. Distribución media (SD) del estrés de compresión sobre el disco intervertebral para los segmentos C2-S1. Tomado de Harrison et al. (2005).

En la postura “neutra”, las cargas discales anteriores fueron más elevadas en la región torácica media e inferior (T6-T12), con una carga discal anterior máxima de $319 \text{ N} \pm 86 \text{ N}$ a nivel T9-T10 (figura 4A). Las cargas posteriores del disco fueron mayores en los niveles T9-L1, con una carga máxima de $392 \text{ N} \pm 105 \text{ N}$ prevista a nivel T11-T12 (figura 4B). En la postura anterior, las mayores cargas discales anteriores se predijeron en la región torácica media e inferior (T9-L1) y en los discos lumbares inferiores (L4-S1), con una carga discal anterior máxima de $332 \text{ N} \pm 100 \text{ N}$ a nivel de T10-T11. En esta postura, las cargas discales posteriores fueron mayores a nivel de T9-L1 para la región torácica y mayores en los discos inferiores (L3-S1) en la región lumbar, con la carga máxima de $587 \text{ N} \pm 166 \text{ N}$ prevista a nivel de L5-S1.

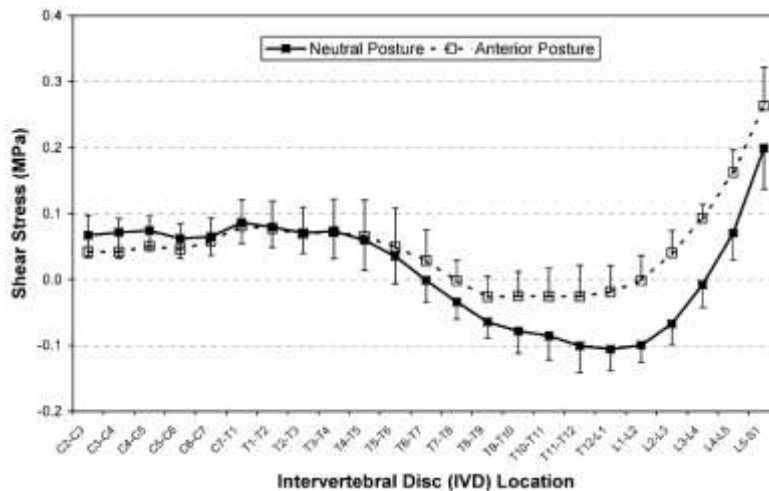


Figura 3. Distribución media (SD) del estrés de cizalla sobre el disco intervertebral para los segmentos C2-S1. Los valores negativos indican cizalla anterior. Tomado de Harrison et al. (2005).

El mayor aumento de las cargas discales asociadas a la traslación de neutro a anterior se produjo en las regiones L3-S1, con un máximo en L5-S1 (disco anterior $+223\% \pm 364\%$; disco posterior $+80,8\% \pm 37,8\%$; centroide $+92,2\% \pm 42,1\%$). Los cambios en las cargas anteriores y posteriores fueron significativos ($p < 0,05$) para todos los niveles de disco por debajo de T11-T12 y T8-T9, respectivamente.

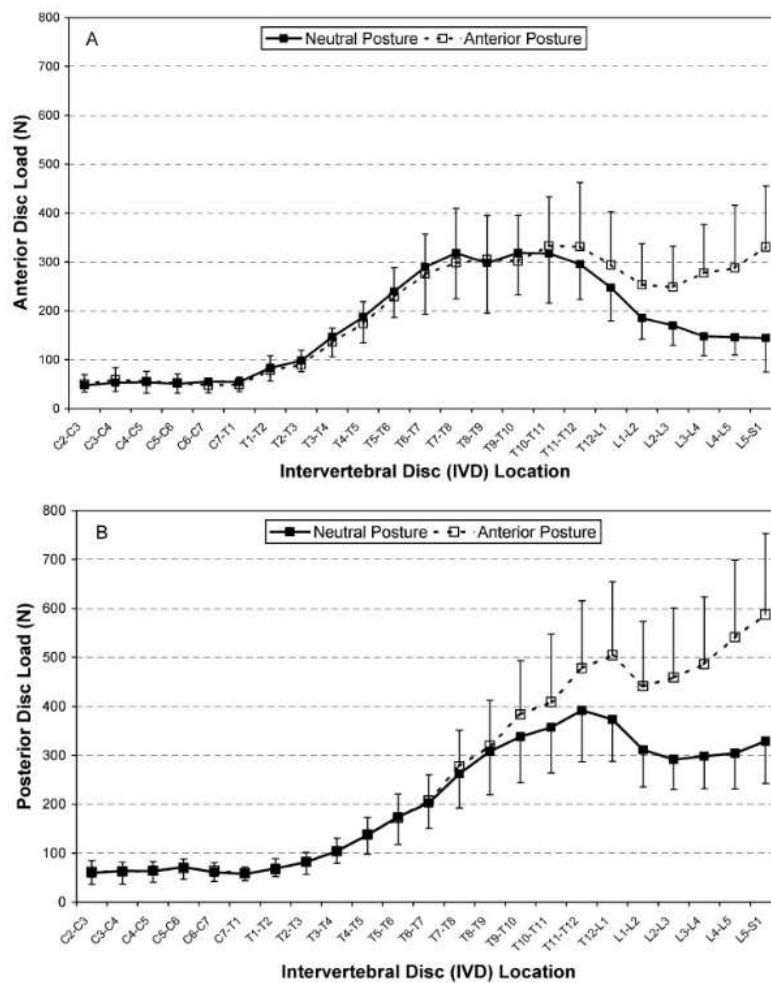


Figura 4. Distribuciones de la carga sobre el disco intervertebral anterior (A) y posterior (B) para la postura neutra y la postura de traslación anterior. Tomado de Harrison et al. (2005).

Otros estudios como el de Nachemson y Morris (1964), Wilke et al. (1999), Wilke et al. (2001) o Polga et al. (2004), han demostrado la importancia que tiene la postura sobre la sobrecarga mecánica de los elementos que forman la columna vertebral.

Las posturas hipercifóticas pueden producir en un raquis inmaduro, una excesiva presión sobre el disco intervertebral (Hurtado et al., 2015), un menor desarrollo en los núcleos de crecimiento de la porción anterior de los cuerpos vertebrales (Ashton-Miller, 2004), originando acuñamientos vertebrales anteriores (Pastor, 2000; Santonja y Martínez-Herrada, 1992), nódulos de Schmorl o anomalías en el platillo vertebral (Callaghan y McGill, 2001 a, b; 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 (Lambrinudi, 1934; Cailliet, 1990; Doers y Kang, 1999; Callaghan y McGill, 2001a; Simunic et al., 2001). También las posturas hipercifóticas, sobre todo en la zona lumbar, 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 (Solomonow et al., 1999; Jackson et al., 2001; Green et al., 2002).

Por otro lado, las posturas hiperlordóticas también se han relacionado con un mayor riesgo de repercusiones raquídeas (McGill, 2002), al aumentar la compresión axial y las fuerzas de cizalla en la articulación lumbosacra, disminuyendo el margen de seguridad raquídeo. Las posturas hiperlordóticas también modifican el brazo de palanca del erector espinal lumbar, incidiendo en un aumento de las cargas compresivas y de cizalla sobre las estructuras intervertebrales (Arjmand et al., 2006). Además, Sato et al. (1999) comprobaron que la presión intradiscal aumenta, en mayor medida, cuando se extiende el raquis lumbar tanto en bipedestación como en sedentación.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el plano sagital del raquis y sus curvaturas se modifican con la edad y también presentan diferentes límites de normalidad en función de la posición evaluada (Collazo, 2015).

1.2. FILOGÉNESIS DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Durante la filogénesis o evolución de la especie humana, a partir de los prehomínidos, el paso de la posición cuadrúpeda a la bípeda indujo algunos cambios en el aparato locomotor y específicamente en la columna vertebral y la pelvis. Así, las características anatómicas y musculares fueron variando para dar forma a un diseño biomecánico preparado para andar y sobre todo como indican Bramble y Lieberman (2004) para correr.

Los cambios que a nivel filogenético se han ido ocasionado se pueden resumir en los siguientes:

- Cuerpo más delgado y estilizado, lo que proporciona mayor superficie de piel para eliminar el calor.
- Independencia estructural de la cintura escapulo-humeral de la cabeza, ya que la porción superior del trapecio es la única conexión entre ambas. Esto permite una mayor rotación de la columna cervical y una rotación independiente del tronco y el brazo, lo que es una ventaja mecánica para el lanzamiento.
- Modificación en la longitud y superficie de inserción del trapecio y romboides.
- Una pelvis más pequeña que da como resultado una cintura más alargada y estrecha que facilita una mayor rotación del tronco independientemente de la cadera.
- El sacro más horizontal, detalle que es clave para la bipedestación, ya que la horizontalización del sacro hace más estable la articulación sacroiliaca y permite la aparición de la lordosis lumbar.
- Piernas más largas que permiten dar amplias zancadas, con un cuello femoral más corto, lo que en un principio disminuye la ventaja mecánica de los aductores de cadera, pero al mismo tiempo facilita la carrera, al reducir los momentos de flexión en el cuello femoral. Además, disminuye la inclinación lateral de la pelvis y de la columna lumbar que se genera en la zancada y ayuda a disminuir el momento angular del tronco causado por una oscilación rápida de las piernas.
- Un pie más pequeño y una huella plantar más pequeña, con presencia del arco plantar y un tendón de Aquiles más largo.
- Las superficies donde se insertan los músculos son más grandes, sobre todo se observa un aumento de las áreas transversales de la cabeza femoral y la rodilla, la

articulación sacroiliaca (sacro y espina iliaca posterior) y de la columna lumbar para la inserción de los músculos erector spinae y del glúteo que aumentan su tamaño. Una mayor tuberosidad calcánea para la inserción del tríceps sural, lo que permite andar y correr con estabilidad y absorber mejor los impactos y el estrés de las cargas.

- Un esqueleto más fuerte que permite soportar los repetidos golpes cuando los pies entran en contacto con el suelo, ya sea durante la marcha o la carrera.
- Tendones y ligamentos elásticos en las caderas, rodillas y tobillos que permiten amortiguar el efecto de las colisiones en cada zancada, y que provocan que las fuerzas de reacción vayan desde el talón, continúen a lo largo de la columna vertebral y alcancen hasta la cabeza.
- Modificación del mecanismo respiratorio, al permitir inspirar y expirar por la boca con rapidez para aportar oxígeno rápidamente a los músculos.

Para poder caminar sobre nuestras piernas, los primeros primates tuvieron que levantar la columna y equilibrar la pelvis con esfuerzo de la musculatura dorso-lumbar, musculatura abdominal y glúteos, entre otros.

De todas las modificaciones, la consecuencia más importante de la bipedestación es la aparición de la lordosis lumbar, lo cual es específico del ser humano (Weber y Pusch, 2008), aunque también como se ha podido observar, la columna cervical se ha visto implicada en muchos cambios.

Los tres objetivos fundamentales de estas modificaciones han sido: 1) Crear una mayor estabilización del aparato locomotor; 2) Ser más funcionales para las actividades específicas del hombre; 3) Aportar una mayor fuerza y movilidad.

1.3. ONTOGÉNESIS Y EVOLUCIÓN DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Para adquirir 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 una apropiada configuración en términos de cargas en el esqueleto, fatiga muscular y gasto energético (Abitbol, 1987; Abitbol, 1988; Descamps et al., 1999).

Durante el periodo fetal, la columna se dispone en una posición cifótica para poder ubicarse y desarrollarse en el vientre materno. En el feto, a los 3 meses, la longitud céfalo-caudal es de unos 10 cm y alcanza los 25 cm a los 4 meses. Por lo tanto, entre el 3º y el 4º mes, el crecimiento es muy importante. En el 5º mes, la distancia vértice-cóccix es de 30 cm, y será de 34 a 35 cm al nacer.

Posteriormente, el bebé, para poder conocer el mundo que le rodea, comienza a levantar la cabeza cuando se le coloca en decúbito prono, sobre todo, a partir de los 3-4 primeros meses, favoreciendo la aparición de la lordosis cervical (LeVeau y Bernhardt, 1984). Después, 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 (LeVeau y Bernhardt, 1984; 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). 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), 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 (Voutsinas y MacEwen, 1986; Murray y Bulstrode, 1996; Boseker et al., 2000; Widhe, 2001; Cil et al., 2004; Sainz de Baranda et al., 2006; Andújar, 2010).

Además, como ya se ha señalado anteriormente, hay que tener en cuenta que el crecimiento humano no tiene un ritmo constante anual desde el nacimiento hasta la madurez y el incremento en longitud del tronco sigue unos patrones generales bien conocidos de los componentes lineales de la estatura total (Alier, 1990).

Así, en los tres primeros años de vida extrauterina, el crecimiento se desarrolla a una velocidad mucho mayor que en los años siguientes. Durante el primer año, el crecimiento es aproximadamente de 25 cm/año. En el segundo año la velocidad decrece a la mitad. Desde los tres hasta los nueve años, el crecimiento es regular, y lo hace en proporción de 5-7 cm/año. En el entorno de los 11 a los 13 años en las niñas y de los 13 a los 15 años en los niños, comienza la etapa puberal, y de nuevo la velocidad de crecimiento en estatura experimenta una aceleración que finaliza a los 18 años en las chicas y a los 20 años en los chicos, llegando en esta fase a la denominada talla del adulto. El mayor pico de velocidad de crecimiento acontece a los 12 años en las niñas y a los 14 años en los niños con un factor de alteración de +/- 2 años en cada sexo. El promedio de crecimiento en todas las etapas es de 4,7 cm/año en los chicos y de 3,9 cm/año en las chicas.

El tronco crece rápidamente durante el primer año del nacimiento, pero su ritmo decrece sucesivamente durante la infancia; entre la infancia y la adolescencia, el ritmo anual de crecimiento, experimenta un vivo incremento (período de crecimiento acelerado) para luego decrecer rápidamente cuando la madurez se aproxima. El incremento preadolescente del crecimiento es tan marcado que el ritmo anual se puede aumentar al doble y ocasionalmente al triple del ritmo de la primera infancia.

En las niñas, el crecimiento máximo en la longitud de la columna ocurre con mayor frecuencia entre los 11 y los 13 años; y en los niños entre los 13 y los 15 años. Después de este rápido crecimiento, el ritmo decrece cada año de modo que en 3 años el crecimiento residual del tronco es intrascendente. Risser (1958) observa que el crecimiento de la columna cesa a una edad media de 14 y 1/3 años para las niñas y 16 y 1/3 para los niños, demostrando que el ritmo con que se incrementan las curvas, se correlaciona con el ritmo de crecimiento de las vértebras.

Hay que tener en cuenta que, en función del sexo del escolar, también se encuentran algunas diferencias a nivel de los hombros, caja torácica, columna vertebral, pelvis y fémur.

En general, la longitud de la clavícula es mayor en los hombres que en las mujeres y por tanto la anchura de los hombros suele ser mayor en los hombres. Además, las clavículas de los hombres suelen tener los extremos internos dirigidos hacia abajo, mientras que las de las mujeres tienen el extremo exterior ligeramente caído. Por tal razón, los hombres tienden a tener los hombros cuadrados, y las mujeres los hombros algo caídos. Otro punto importante de diferenciación es el tamaño de la caja torácica (las costillas). Los hombres, al tener las clavículas más largas, tienden a tener una caja torácica más ancha que las mujeres. Concretamente, en las costillas inferiores, las diferencias son aún más pronunciadas. Así, los hombres tienen las costillas inferiores

extendidas hacia afuera, por lo que tienden a tener la cintura cuadrada. Por el contrario, las mujeres suelen tener las costillas inferiores más estrechas, lo que hace que tengan el torso más delgado y la cintura curvada. En realidad, la curvatura de la cintura no sólo se debe a la caja torácica estrecha en la parte inferior, sino también a la anchura de la pelvis. Por su parte, los hombres tienen una caja torácica grande que hace ensanchar el torso y, por ende, no tienen la cintura curvada, sino que más bien forman una línea de contorno casi recta desde la cintura hacia la mitad inferior del cuerpo.

Por otro lado, la pelvis masculina suele ser estrecha y profunda, mientras que la de las mujeres tiende a ser ancha y poco profunda. Además, en general, los hombres tienen ubicada la pelvis en una posición más alta que las mujeres, por lo que la pelvis del hombre está más cerca de las costillas, lo cual hace que la cintura sea menos curvada. Mientras que, en las mujeres, la posición de la pelvis más baja, hace que se encuentre más distanciada de las costillas, lo cual genera curvatura en la cintura.

Cuando se analiza la pelvis desde una vista lateral, se observa cómo la pelvis de los hombres cae más en retroversión mientras que en las mujeres cae más en anteversión lo que condicionará también la curva lumbar.

Por último, a nivel de la pelvis, caderas y específicamente a nivel del fémur, destacar el espacio entre cóndilos, denominado escotadura intercondilea, que es más ancho en las mujeres, lo que provoca una mayor tensión en las estructuras ligamentosas; también el ángulo Q (ángulo que forma el fémur con la tibia), cuyo valor normal es de 8° a 17°, es mayor en la mujer lo que se debe a que, generalmente, la pelvis de la mujer es más ancha y el fémur más corto (Söderman et al., 2001; Renstrom et al., 2008).

Las diferentes etapas de crecimiento de los niños en edad escolar, pueden causar descompensaciones y desequilibrios entre el sistema óseo y el muscular. Así, durante la adolescencia se inicia el periodo de mayor pico de crecimiento y desarrollo, produciéndose una mayor aceleración en el crecimiento del tejido óseo que del tejido muscular, lo que puede inducir a que se manifieste en un acortamiento de los músculos incluidos la musculatura isquiosural y también las desalineaciones raquídeas que suelen aparecer en la edad escolar.

1.4. MORFOTIPO SAGITAL INTEGRAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

El aparato locomotor en general, y la columna vertebral en particular, irán modificándose durante el desarrollo evolutivo a nivel de las diferentes articulaciones y en los tres planos del espacio (frontal, sagital y transversal), dando lugar al "Morfotipo" que define la disposición de un segmento o una articulación.

A nivel del plano sagital de la columna vertebral diversos autores, utilizando la postura de bipedestación relajada, han definido diferentes morfotipos en función del grado de curvatura, habitualmente, diferenciado la curvatura dorsal y lumbar.

Así, se pueden encontrar algunas clasificaciones con propuestas de "Morfotipos" en función de la postura sagital del raquis en bipedestación. McKenzie (1981) O'Sullivan (2004) y Sahrman (2002) proponen 4 morfotipos en función de las curvaturas y el equilibrio sagital:

A) La postura "Ideal" o "Neutra" que ha sido definida por la falta de desplazamiento del tronco, y una cifosis torácica y lordosis lumbar normal.

B) La postura "Hipercifótica" o "Sway" que ha sido clínicamente definida como un desplazamiento posterior del tórax en relación con la pelvis (es decir, un retroceso del tronco en relación con las caderas), con una cifosis torácica larga y un ángulo lumbar aplanado (es decir, menos lordosis lumbar).

C) La postura "Plana" o "Flat back" se ha descrito como un aplanamiento de la curvatura torácica (cifosis) y la curva lumbar (lordosis).

D) La postura "Hiperlordótica" o "Hyperlordotic" ha sido descrita como un aumento de la curvatura lumbar (lordosis).

Dolphens et al. (2013) proponen un sistema de clasificación de las variantes normales del plano sagital en bipedestación y evalúan a 639 niños, en edad pre-pico de crecimiento puberal (media: $12,6 \pm 0,54$ años), mediante fotografías y medidas directas (inclinómetro y spinal mouse). Tras la evaluación, subdividieron esta población en tres grupos: neutro (41,6%), lordosis (31,1%) y el grupo de inclinación hacia delante (27,2%). Dentro de cada grupo plantean 12 subcategorías según la disposición lumbopélvica (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de las alineaciones del plano sagital en varones. Tomado de Dolphens et al. (2013).

| Neutro | | | | | | |
|------------|--------------------|----------------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | Hipolordosis corta | Hipolordosis | Lumbopelvis neutra | Hiperlordosis | Lordosis corta | Lordosis larga |
| Frecuencia | 8,6% | 19,9% | 19,2% | 9,4% | 22,9% | 19,9% |
| Lordosis | | | Inclinación hacia delante | | | |
| | Plano | Lordosis larga | Lordosis | Hiperlordosis larga | Lumbopelvis neutra | Hipolordosis |
| Frecuencia | 38,2% | 38,7% | 23,1% | 21,4% | 44,5% | 34,2% |

Posteriormente, Dolphens et al. (2014) realizaron el mismo estudio, pero con niñas, exactamente con 557 niñas, también en edad pre-pico de crecimiento puberal (media: $10,6 \pm 0,47$ años), con la misma metodología que en el estudio previo realizado en niños (Dolphens et al., 2013).

Tras analizar los resultados, observaron que se podían establecer los mismos tres morfotipos sagitales de las niñas en los niños. Además, encontraron una distribución de frecuencias similar a la de los chicos. Encontrando un 40% de los morfotipos neutros, un 31,8% de los morfotipos con lordosis y un 28,2% de los morfotipos con inclinación hacia delante. También, pudieron realizar la misma clasificación en subcategorías según la disposición lumbopélvica que en los niños (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de las alineaciones del plano sagital en mujeres púberes. Tomado de Dolphens et al. (2014).

| Neutro | | | | | | |
|------------|--------------------|----------------|---------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | Hipolordosis corta | Hipolordosis | Lumbopelvis neutra | Hiperlordosis | Lordosis corta | Lordosis larga |
| Frecuencia | 14,5% | 21,3% | 23,5% | 12,2% | 13,1% | 15,4% |
| Lordosis | | | Inclinación hacia delante | | | |
| | Plano | Lordosis larga | Lordosis | Hiperlordosis larga | Lumbopelvis neutra | Hipolordosis |
| Frecuencia | 32,4% | 25,6% | 42% | 38,8% | 21,1% | 40,1% |

A nivel dorsal o torácico un morfotipo alterado se ha asociado con la disminución de la funcionalidad en las actividades de la vida diaria (Ryan y Fried, 1997; Sinaki et al., 2005; Kado et al., 2005). Kado et al. (2005) encuentran como las posturas hipercifóticas aumentan la dificultad para realizar actividades físicas básicas como caminar, subir escaleras, agacharse y/o sentarse en una silla. Otros autores, observan una relación entre la alteración de la cifosis dorsal y los trastornos de la función pulmonar mediante pruebas de espirometría (Di Bari et al., 2004).

A nivel lumbar, un morfotipo alterado se ha asociado al dolor de espalda, degeneración discal y a lesiones facetarias y fracturas. Por un lado, los morfotipos hiperlordóticos aumenta la carga que soportan las partes blandas de la columna vertebral, generando así un mayor esfuerzo de la musculatura paravertebral lo que facilita las contracturas musculares (Panjabi, 1992). Por otro lado, estos morfotipos hiperlordóticos pueden sobrecargar las articulaciones facetarias, que puede llegar a dañarse y provocar síndrome facetario y dolor (Chohen y Raja, 2007). La hiperlordosis se asocia a condiciones patológicas como la espondilolistesis (Jackson et al., 2003).

La hipolordosis o disminución de la curvatura lumbar se ha relacionado principalmente con la degeneración discal (Farfan et al., 1972; Vernon-Roberts et al., 2007) y con el dolor lumbar (Jackson y McManus, 1994), producto de la compresión nerviosa radicular (Adams et al., 1999). Además, existen estudios que relacionan la disminución de la lordosis lumbar con la espondilólisis (Sakai et al., 2010) y a la espondilólisis por estrés (Wiltse et al., 1975).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que a nivel de la columna vertebral la valoración de la bipedestación sólo va a revelar una posición de las muchas que se pueden adoptar en la vida cotidiana. Por ello, algunos autores han resaltado la importancia de realizar un estudio de la columna vertebral introduciendo las posiciones de flexión del tronco y sedentación dentro de la valoración como complemento del estudio del plano sagital (Chopin y David, 1989; Stagnara, 1987).

Así, con más frecuencia de la sospechada, al realizar una exploración clínica que incluya la evaluación de la flexión del tronco, se encuentran desalineaciones “dinámicas”, es decir una correcta disposición del raquis en bipedestación, pero con un importante aumento de la curvatura dorsal en flexión del tronco, que Bado (1977) denominó “cifosis funcional”.

La detección de estos morfotipos dinámicos alterados adquiere importancia sobre todo durante el crecimiento, antes del estirón puberal, ya que será sugestivo de una evolución del raquis torácico hacia una cifosis con tendencia a la estructuración (Santonja et al., 2020).

Otro problema frecuente, es la “inversión del raquis lumbar”, tanto partiendo de una lordosis normal en bipedestación lo cual se denomina “actitud cifótica lumbar” (Santonja y Martínez-Herrada, 1992; Santonja et al., 2000) como partiendo de una hiperlordosis en bipedestación, lo cual se denomina “hipermovilidad lumbar” (Somhegyi y Ratko, 1993).

La confirmación de ambos procesos puede conseguirse a través de la realización de una valoración en flexión máxima del tronco (Santonja et al., 2000). Además, la valoración “dinámica” de la columna vertebral será interesante debido a que la detección de una incorrecta disposición puede prevenir la patología surgida como consecuencia de la repetición de gestos con hiperflexión.

También la valoración en flexión del tronco, es un complemento esencial para confirmar las sospechas de estructuración identificadas en la valoración en bipedestación (Bado, 1977). Hay que tener en cuenta que la flexión del tronco se efectúa de manera repetida en gran cantidad de gestos habituales, así como en la mayoría de los gestos deportivos (Sainz de Baranda et al., 2009; Sainz de Baranda et al., 2020 c), por lo que detectar una incorrecta disposición dinámica será esencial para realizar una precisa prevención (Santonja et al., 2000).

Santonja et al. (2000) plantean que el análisis del morfotipo del raquis en flexión máxima del tronco será importante ya que complementará el diagnóstico realizado en bipedestación, pudiendo catalogar mejor la desalineación, su etiología y, por lo tanto, la posibilidad de hacer un protocolo de prevención o de tratamiento más adecuado. En este sentido:

- La apreciación de una curva que se muestre aumentada en bipedestación con un claro incremento o angulación de la misma en posición de máxima flexión del tronco, va a sugerir una estructuración de la misma. Si existe una angulación o vértice indicará que la cifosis es estructurada, presentando acuñaamiento vertebral anterior en la región dorsal (menor crecimiento de la porción anterior del cuerpo vertebral).
- El incremento de la cifosis dorsal en flexión con una cifosis normal en bipedestación, es característico de la cifosis funcional, que es un signo precoz de la cifosis estructurada (Hipercifosis Idiopática o de Scheüermann) que aparecerá en el estirón puberal.
- Será la única forma de detectar las cifosis lumbares, tanto las que parten de una lordosis normal en bipedestación, como las que parten de un hipo o hiperlordosis lumbar.

Por otro lado, el estudio de la postura de sedentación posee una gran importancia, debido a la influencia que puede generar esta postura sobre el desarrollo de la columna vertebral (Wen et al., 2022) y también por la gran cantidad de tiempo que los escolares utilizan esta posición en la sociedad actual (Andújar y Santonja, 1996; Sainz de Baranda et al., 2006), ya que la morfología del raquis se puede ver afectada por las posiciones adquiridas y mantenidas (Green y Nelham, 1991; Scrutton, 1991).

El niño, permanece muchas horas sentado (Aguado, 1995; Sainz de Baranda et al., 2006) debido al modelo educativo actual donde el escolar pasa un gran número de horas sentado atendiendo en clase, un gran número de horas realizando deberes o tareas escolares, un gran número de horas frente al televisor y por la invasión de los videojuegos, ejemplos que indican una evolución hacia el sedentarismo en la sociedad occidental (Rodríguez, 1998; Sainz de Baranda et al., 2020 b).

Hay que tener presente que, durante la edad escolar, aún no se ha adquirido la lordosis definitiva y para que esta termine de desarrollarse, es preciso que se produzca un mayor crecimiento de la porción anterior de los cuerpos vertebrales, así como un desarrollo muscular y ligamentoso adecuado (Rodríguez, 1998), por lo que la postura que adopten los escolares será clave en el correcto desarrollo del plano sagital del raquis (Sainz de Baranda et al., 2020 b).

El adoptar una postura pobre y en particular, una incorrecta sedentación, está considerado como el factor que más contribuye al desarrollo y a la cronicidad del dolor lumbar y la sobrecarga en la zona del cuello (Black et al., 1996; Lord et al., 1997). La pérdida de la lordosis y la antepulsión del cuello, generalmente, son los mecanismos de producción del estrés durante la sedentación (Black et al., 1996; McGill, 1997b).

Estudios previos han observado como existe un incremento del riesgo de hernia discal en aquellas personas que realizan trabajos en sedentación (Callaghan y McGill, 1998). En esta posición hay un aumento de la presión intradiscal respecto a la bipedestación, se incrementa el estrés en la pared posterior del anillo fibroso, los ligamentos posteriores reducen su resistencia a la flexión, disminuyendo su estabilidad ántero-posterior, se incrementan los movimientos de cizallamiento y se reduce la ventaja mecánica de los extensores lumbares, derivando en conjunto en un aumento de la carga compresiva (McGill, 1997b). Por tanto, la sedentación prolongada es un factor de riesgo importante de dolor lumbar (Lengsfeld et al., 2000; Green et al., 2002).

En población escolar, algunos estudios han observado como la postura de sedentación es un factor importante en la aparición del dolor de espalda del adolescente (Auvinen et al., 2008; Balagué et al., 1999). Específicamente, se ha relacionado el dolor de espalda con las horas que el escolar dedica a ver la televisión (Balague et al., 1999;

Mohseni-Bandpei et al., 2007) o con la incorrecta sedentación en un mobiliario inapropiado durante el horario escolar (Sainz de Baranda et al., 2020 b).

La hipercifosis lumbar junto a la hipercifosis dorsal y la consecuente antepulsión del cuello, disminuyen la resistencia mecánica al estrés de cizalla anterior (Kujala et al., 1997; Callaghan y McGill, 2001; Gunning et al., 2001; McGill et al., 2000; McGill, 2002), pudiendo originar la aparición de acuñaamientos por compresión de los núcleos de crecimiento en etapas puberales (Santonja, 1996), así como la inversión de los espacios discales, y un incremento de las presiones sobre los discos.

Uno de los problemas que plantea esta postura, es que en gran parte de las ocasiones resulta relativamente cómoda, ya que la musculatura no se contrae y como consecuencia, se produce una sensación de relajación. Sin embargo, la posición incorrecta de sedentación conlleva la aparición, a largo plazo, de repercusiones en la columna lumbar o toraco-lumbar, que se generan debido a:

- Aumento del estrés de cizalla anterior.
- Aumento de la presión en la parte anterior de los cuerpos vertebrales, circunstancia que será susceptible de provocar acuñaamientos vertebrales anteriores.
- Excesiva presión sobre los espacios discales que conlleva un aumento de la presión sobre la parte anterior del disco intervertebral y del anillo fibroso, lo que provocará el desplazamiento posterior del núcleo pulposo que presionará sobre la pared del anillo fibroso, con riesgo de protrusión del núcleo y el peligro de producir desgarros sobre el anillo.
- Aumento de la tensión en las estructuras ligamentosas posteriores, especialmente debido a la relajación de la musculatura.

En una investigación realizada sobre el fenómeno flexión-relajación, Callaghan y Dunk (2002) observaron que, de media, el raquis lumbar se flexionaba un 36% más en sedentación alineada respecto a la bipedestación, y un 52% más en la sedentación asténica respecto a la bipedestación. Además, el fenómeno flexión-relajación aparecía al 46,6% de la flexión máxima. Lo cual es debido a que en la sedentación asténica (relajada) se reduce la activación del multifidus oblicuo interno, y erector spinae torácico, disminuyendo, por tanto, la estabilidad muscular (O'Sullivan et al, 2001).

Mantener la lordosis lumbar en sedentación es preferible porque evita el estrés de los ligamentos del arco posterior y previene la deformación de la pared posterior del disco intervertebral.

En este sentido, Hedman y Fernie (1997) tras realizar un estudio in vitro, y someter a 12 raquis lumbares (L1-S1) a una carga constante de 500 N durante 30 minutos, en

inversión y en lordosis lumbar, midiendo las fuerzas que recaen sobre diferentes estructuras de las articulaciones intervertebrales, observaron cómo mantener una postura lordótica es preferible, ya que se balancean las cargas sobre las diferentes estructuras de la unidad funcional de la columna vertebral. Mientras, la postura hipercifótica aumenta las fuerzas de tensión en la pared posterior del anillo.

Conforme aumenta la cifosis las facetas articulares dejan de estar cargadas y el estrés en el anillo y en el núcleo pulposo aumenta. Este incremento en la presión del núcleo puede provocar que el raquis sea menos resistente a las cargas compresivas y podría provocar un hundimiento del platillo vertebral en el hueso trabecular. Una carga mantenida con el raquis en hipercifosis reduce la resistencia del mismo a las cargas y provoca pérdida de tensión en los ligamentos, incrementando posiblemente la protrusión discal (Gunning et al., 2001). Por otro lado, los segmentos vertebrales sometidos a una carga compresiva mantenida en postura hipercifótica son menos resistentes (43-47% menos) a la fractura (Gunning et al., 2001).

Por ello, la postura incorrecta de sedentación aumentará el estrés y la presión sobre los discos y va a contribuir a la degeneración y el dolor. Siendo los factores de riesgo de esta posición: la carga estática sobre la musculatura y la inversión de la curvatura lumbar (Gunning et al., 2001).

Santonja (1992), fue el primero en describir la “actitud cifótica lumbar” que consiste en una excesiva cifosis lumbar al flexionar el tronco o al sentarse, independientemente de la postura del raquis lumbar en bipedestación (Santonja y Genovés, 1992; Santonja y Martínez-Herrada, 1992). Un año después, Somhegyi y Ratko (1993), plantearon el término de “hipermovilidad lumbar” para aquellos casos donde se presentaba una excesiva cifosis lumbar en flexión del tronco y una hiperlordosis lumbar en bipedestación.

En el año 1996 Santonja propone la valoración “integral” del plano sagital, ya que debe incluir las tres posiciones: bipedestación, sedentación asténica y flexión del tronco; de tal forma que la combinación de los morfotipos raquídeos en cada una de estas posturas, permitirá realizar un diagnóstico preciso de las desalineaciones del plano sagital del raquis.

La utilización de la postura de bipedestación de forma aislada hará que pasen desapercibidos numerosos morfotipos alterados y por tanto puede llevar a error cuando se realice el diagnóstico. Una incorrecta interpretación de la disposición sagital del raquis puede tener consecuencias significativas para el paciente, no sólo en términos de deformidad y dolor, sino también en términos preventivos y de tratamiento (Roussouly y Nnadi, 2010).

Collazo (2015) y Santonja et al. (2020) corroboran esta hipótesis y observan como cuando se realiza una valoración "Integral" del plano sagital, cuantificando los morfotipos en las tres posiciones (bipedestación, sedentación y flexión del tronco), la frecuencia de normalidad para la curva dorsal y lumbar disminuye considerablemente.

La clasificación propuesta por Santonja et al. (2020) plantea 6 categorías para la curva dorsal y 8 categorías para la curva lumbar. Además, y en función de los valores de las curvaturas en las diferentes posiciones plantean diferentes subcategorías dentro de algunas categorías. Por ejemplo, dentro de la categoría de "HiperCIFosis funcional dorsal" existen 3 subcategorías (HiperCIFosis funcional dorsal en estática, en dinámica o total) o dentro de la categoría "HiperMOVilidad lumbar" existen otras 3 subcategorías.

Tras el análisis de los resultados, Santonja et al. (2020) observan para la curva dorsal, como sólo un 32% de los escolares tienen el "Morfotipo Sagital Integral" dentro de la normalidad, un 36,8% de los escolares presentan "hipercifosis funcional dorsal", un 27,4% "hipercifosis dorsal", un 2,1% "hipocifosis" y un 1,8% "cifosis hipomóvil".

Mientras que, para la curva lumbar, tan sólo el 6,6% de los escolares tienen el "Morfotipo Sagital Integral" dentro de la normalidad. El 82,4% de escolares presentan "hipercifosis funcional lumbar", y el resto de los escolares presentan "hipermovilidad lumbar" (7,4%), "hipolordosis" (1,9%), "actitud hiperlordótica" (1,6%) e "hiperlordosis estructurada" (0,1%).

La utilización de la clasificación diagnóstica del "Morfotipo Sagital Integral" ayudará a detectar alteraciones de la alineación no detectadas con la valoración aislada de la bipedestación. Además, permitirá establecer un diagnóstico correcto que ayudará a instaurar medidas preventivas y terapéuticas más precoces y diseñar un plan de tratamiento dirigido a cada una de las tres posturas valoradas.

1.5. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

Una extensibilidad adecuada de los grupos musculares que intervienen directamente sobre la postura corporal es importante para permitir un adecuado rango de movimiento. La musculatura isquiosural, el psoas iliaco, el tríceps sural o el piramidal son músculos relacionados con la postura y su cortedad puede ocasionar un menor rango de movimiento articular y situaciones de estrés sobre una determinada región anatómica.

Algunas investigaciones apuntan que la disminución de la extensibilidad de la musculatura isquiosural que llega a ocasionar cortedad puede ser responsable de dolor lumbar (Biering-Sorensen, 1984; Mierau et al., 1989; Brodersen et al., 1994; Esola et al., 1996), hiperCIFOSIS (Bado, 1977; Fisk et al., 1984), inversiones del raquis lumbar (Somhegyi y Ratko, 1993; Ferrer, 1998), espondilolisis o espondilolistesis (Hollingworth, 1996; Standaert y Herring, 2000), hernias discales (Takata y Takahashi, 1994) lesiones musculares (Hartig y Henderson, 1999; Croisier et al., 2002) e incluso pueden favorecer la aparición de pubalgia (Busquet, 2001).

Para explicar las repercusiones que la cortedad de la musculatura isquiosural puede ocasionar sobre la columna vertebral, Bado y Barros, en 1967, desarrollaron una teoría patogénica, sobre la influencia de la cortedad isquiosural sobre la fisiopatología de la columna vertebral y su aplicación al estudio del dorso curvo. La secuencia de alteraciones que tienen lugar desde la presentación de la cortedad isquiosural hasta la instauración de la hiperCIFOSIS estructurada, se inicia con una disminución de la movilidad coxofemoral producida por la falta de extensibilidad de la musculatura isquiosural, lo que provoca el correspondiente déficit de movimiento de la columna sacro-lumbar y el incremento del mismo en la zona dorso-lumbar y cervico-dorsal para compensar en parte el déficit de flexión.

Si este movimiento es “permanente” por su frecuencia y “precoz” por su aparición, es decir, comienza en la infancia, modificará lenta y progresivamente las estructuras osteoarticulares posteriores y los cuerpos de las vértebras dorsales comprendidos en el sector dorsal semirígido o hipomovil, que se suele indentificar desde T3 o T4 hasta T8 a T9.

Así, podrán ir desarrollándose “alteraciones de crecimiento” de los cuerpos vertebrales y sistemas articulares, apareciendo modificaciones en su morfología dando

lugar al acuñamiento anterior. Esta modificación estructural va a conducir a un incremento de la curva cifótica dorsal, instalándose así el llamado dorso curvo o cifosis juvenil. Esta alteración morfológica favorecerá todavía más la amplitud de movimiento compensador, para terminar en una modificación estructural definitiva.

Por ello, muchos autores han apoyado la teoría de que la cortedad isquiosural ocasiona hipercifosis dorsal en bipedestación. Desde los trabajos de Lambrinudi (1934), se ha defendido la hipótesis que las personas con falta de extensibilidad isquiosural al flexionar el tronco, compensarán con un aumento de la cifosis dorsal.

Bado et al. (1964) afirmaron que toda hipercifosis dorsal se acompañaba de cortedad isquiosural. En esta misma línea, pero con diferentes porcentajes se encuentran otros autores. Así, Salter (1955) y Apley (1977) afirman respecto a la cifosis de Scheüermann que en el 100% de los casos existe tirantez de la musculatura isquiosural. Fisk et al. (1984), también encuentran una asociación estadística entre ambos procesos en varones. Murray et al. (1993), encuentran una relación sistemática entre cortedad isquiosural y cualquier incremento de la cifosis dorsal, aunque en ocasiones con bajos porcentajes de hasta el 29%.

Sin embargo, otros autores han encontrado correlaciones bajas entre la cortedad de la musculatura isquiosural y la hipercifosis dorsal. Santonja (1992), en un estudio sobre 152 universitarios, encuentra una relación muy pobre entre ambas, tanto con estudios clínicos como radiológicos ($X^2=4,56$; $p<0,05$), viendo que las cifosis mayores de 60° presentaban una tendencia a la cortedad de la musculatura isquiosural (con $EPR < 60^\circ$).

Morillas et al. (1992), no encuentran con estudios clínicos asociación entre ambos procesos. Ferrer (1998) tampoco encuentra dicha asociación, ya que sólo un tercio de las cortedades marcadas tienen cifosis aumentadas y en el resto de personas con esta cortedad, la cifosis en bipedestación, medida mediante las flechas sagitales, está dentro de los valores normales.

Respecto a la lordosis, apenas se incide en la literatura, sobre cuál es su disposición en relación con la extensibilidad isquiosural. Bado (1977), al formular su teoría afirma que la lordosis ha de estar disminuida, porque la cortedad isquiosural ocasiona una retroversión de la pelvis en bipedestación. Link et al. (1990) indican también que la cortedad va a reducir la curvatura lumbar.

Sin embargo, Ferrer (1998) no encuentra ninguna asociación estadística entre la cortedad isquiosural y la lordosis, y menos aún entre la cortedad marcada con la rectificación lumbar en bipedestación, ya que sólo un 2,3% de dichas cortedades tienen

una disminución de la lordosis y el 81,8% de los casos tienen una lordosis dentro de los límites de la normalidad.

En este sentido, se debe tener en cuenta que, en la mayoría de las ocasiones, la cortedad isquiosural no va a estar lo suficientemente disminuida como para ocasionar modificaciones de la curva lumbar en bipedestación (Santonja et al., 1995), pero sí con la flexión de tronco, ya que, al limitar el movimiento de flexión pélvica, el escolar intentará compensarlo con un incremento de la flexión de la columna vertebral, lo que suele realizarse sobre todo y con mayor magnitud en la columna lumbar. La repetición de estos movimientos y la frecuente adopción de posturas incorrectas mantenidas durante largo tiempo, posibilita que se produzcan inversiones de la curvatura lumbar.

Ferrer (1998) tras analizar una muestra de 919 niños y adolescentes, con edades comprendidas entre 5 y 18 años, con una edad media de $12,9 \pm 2,96$, y tras realizar un estudio radiográfico de la columna lumbar en flexión de tronco autocorregida, sí que encuentra una clara relación entre la cortedad de la musculatura isquiosural y la limitación de la flexión 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 anteriores, de manera que a mayor cortedad de la musculatura isquiosural mayor probabilidad de acuñamiento anterior en T12 ($p < 0,001$). Este autor, ratifica la teoría patogénica dada por Santonja en 1995 para explicar las repercusiones que la cortedad isquiosural puede desarrollar sobre el raquis lumbar, y que ahora se muestra.

Como ya se ha señalado el movimiento de flexión del tronco se realiza en su primera fase, exclusivamente mediante la flexión de la columna lumbar, pero cuando exista cortedad isquiosural la flexión del tronco se restringe de forma muy marcada en los casos severos, compensándose mediante una mayor flexión de la columna (Fisk et al., 1984), que incluso puede alterar los patrones coxofemorales de flexión, utilizándose más las articulaciones vertebrales que el movimiento pélvico, lo que puede ser responsable de la hipermovilidad de la columna lumbar (Fisk et al., 1984; Somhegyi y Ratko, 1993).

La limitación de la flexión de la articulación de la cadera no tendría repercusión funcional, al compensarse la imposibilidad de alcanzar los pies con las manos mediante la flexión de las rodillas. Su importancia radica en el incremento de la presión intradiscal que origina y al desplazamiento de las cargas desde el centro del disco intervertebral hacia la porción anterior del cuerpo vertebral y del anillo fibroso.

Por ello, la adopción de posturas en inversión lumbar será estresante para la región toraco-lumbar y lumbar alta si se mantienen durante prolongados espacios de tiempo,

y, en periodos críticos de crecimiento, pueden ocasionar alteraciones debido a que son las zonas más vulnerables y propensas a la hiperpresión anterior por flexión. Hay que tener en cuenta, que todos los efectos nocivos que se han analizado en la flexión del tronco, se verán aumentados con la presencia de la cortedad de la musculatura isquiosural.

Al igual que los acuñaientos vertebrales anteriores que se producen en el ápex de la curva torácica en la Cifosis de Scheüermann, de acuerdo al principio de Heuter-Volkman y de la ley de Delpach, en las cifosis tóraco-lumbares y lumbares el incremento de la presión sobre los “listeles” o núcleos apofisarios de crecimiento de los cuerpos vertebrales, puede ocasionar acuñaientos anteriores en esta localización. Este incremento de presión puede ocasionarse cuando exista una limitación de la flexión de tronco, durante la incorrecta realización de los ejercicios, así como por una mala sedentación habitual.

Este planteamiento también es avalado por la opinión de diferentes autores. Así, Hellstrom et al. (1990) en un estudio radiológico de la columna dorso-lumbar realizado en 143 deportistas, indican que algunas anormalidades radiológicas, como la combinación de acuñaiento anterior con un diámetro ánteroposterior aumentado del cuerpo vertebral, indican un crecimiento alterado de la vértebra, resultante de una sobrecarga reiterada durante el periodo de crecimiento, debido a que el esqueleto vertebral es más vulnerable.

Almenara et al. (1992), resaltan la relación existente entre hernia discal intervertebral, lumbalgia y degeneración discal como consecuencia del incremento del estrés aplicado a una columna esqueléticamente inmadura.

Sward (1992) enfatiza la vulnerabilidad de la columna durante el período de crecimiento y afirma que tanto la edad, como la actividad deportiva y el grado de esfuerzo mecánico sobre el esqueleto, son factores importantes en el desarrollo de alteraciones radiológicas en la columna tóraco-lumbar.

En definitiva, el mecanismo mediante el cual la cortedad isquiosural puede ocasionar las repercusiones en el niño o adolescente, puede ser por una incorrecta percepción del movimiento de la pelvis, junto a una restricción de su movimiento de flexión, lo que intentará compensarlo con una mayor flexión del raquis (dorsal y/o lumbar). Como indica Ferrer (1998), la repetición y mantenimiento de este movimiento podrá ocasionar:

- HiperCIFOSIS dorsal. Cuando el patrón de movimiento del niño sea con hiperflexión del raquis dorsal, por lo que la cortedad isquiosural será un factor más de agravamiento de su cifosis dorsal, pero no su principal causa.

- Hipercifosis lumbar. Cuando el patrón de movimiento del niño sea con hiperflexión del raquis lumbar.
- Acuñaamientos vertebrales anteriores. Fundamentalmente debidos a retrasos en el crecimiento en la porción anterior de los cuerpos vertebrales, cuando estas presiones se produzcan y persistan en el momento crítico de su osificación.
- Inversión de los espacios discales. Que podrán ser responsables de hernias lumbares de localización más atípica (T12-L4), cuando las inversiones sean marcadas y se acompañe de una probable “debilidad” ligamentosa.

Santonja et al. (1994, 1995) destacan la importancia de valorar la musculatura isquiosural tanto por las elevadas cifras de prevalencia de la cortedad isquiosural como por la influencia de la cortedad isquiosural sobre el plano sagital de la columna vertebral.

Santonja et al. (1995) en un estudio sobre 521 escolares seleccionados aleatoriamente y estratificados por sexos y niveles educativos, con edades comprendidas entre 6 y 14 años, obtuvieron que un 28% de los niños presentaban cortedades, frente a un 8,9% en las niñas.

Ferrer (1998) tras valorar 919 escolares con el test EPR, encontró que un 28% presentaban cortedad isquiosural grado I y un 11,1% grado II en la extremidad inferior derecha, mientras que para la izquierda un 27,6% presentaban cortedad grado I y un 13,3% grado II.

Collazo (2015) tras evaluar con el test EPR a 741 escolares de 3º a 6º curso de Primaria (384 niñas y 357 niños) encuentra porcentajes de normalidad muy bajos con un 30,39% para la extremidad inferior derecha y un 31,35% para la izquierda. Mientras que el resto de los escolares presentan cortedad de la musculatura isquiosural (69,61% en la extremidad inferior derecha y el 68,64% en la izquierda).

Estos elevados porcentajes de cortedad muestran la necesidad de incluir su valoración en la etapa escolar. De igual forma, sería importante detectar la presencia o no del “Síndrome de Isquiosurales Cortos” definido por Santonja et al. (1994) como la presencia de cortedad isquiosural junto a repercusiones en la pelvis y en el raquis.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Se plantea como hipótesis de partida:

“La frecuencia de las desalineaciones sagitales del raquis irá aumentando con la edad y estará condicionada por el sexo. De igual forma, la extensibilidad de la musculatura isquiosural presentará bajos porcentajes de normalidad y la cortedad aumentará con la edad en la etapa escolar”.

Los objetivos del presente estudio son:

1. Analizar la disposición sagital del raquis en estática y en dinámica, en una muestra de escolares de 3 a 12 años de edad.
2. Realizar un estudio descriptivo de la frecuencia de los distintos morfotipos sagitales del raquis en bipedestación en una muestra de escolares de 3 a 12 años de edad.
3. Analizar el Morfotipo Sagital Integral en una muestra de escolares de 3 a 12 años de edad.
4. Analizar las diferencias en la disposición sagital del raquis, los morfotipos sagitales y el Morfotipo Sagital Integral en función del sexo y la etapa/ciclo educativo.
5. Analizar el grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural de los escolares de 3 a 12 años de edad y comparar los resultados en función del sexo y la etapa/ciclo educativo.
6. Analizar los factores de riesgo que predisponen a las desalineaciones del plano sagital de la columna vertebral en una muestra de escolares de 3 a 12 años de edad.

3. MÉTODO

3.1. DISEÑO

Se planteó un estudio observacional de tipo transversal.

3.2. MUESTRA

Participantes.

El proceso de obtención de la muestra fue realizado de forma intencionada en tres centros que participaban en el PROGRAMA ISQUIOS 6.0 de la Región de Murcia (Murcia, España) durante el curso académico 2015-2016.

Participaron 422 escolares de Infantil y de Primaria, siendo 218 niñas (51,7%) y 204 niños (48,3%), pertenecientes a 3 Colegios de Educación Infantil y Primaria (CEIP) de la Región de Murcia (Calasparra, Beniel y Bullas). Las medias de edad, talla, peso e Índice de Masa Corporal (IMC) fueron: $8,83\pm 2,27$ años, $135,91\pm 14,32$ cm., $35,81\pm 13,79$ kg., $18,74\pm 4,26$ kg/m² respectivamente.

El rango de edad de los escolares estudiados fue de 3 a 12 años. En la tabla 3 se muestran los datos de edad, altura, peso e IMC por sexos. Cuando se analizan las diferencias en función del sexo no se encuentran diferencias significativas.

Tabla 3. Valores descriptivos de los parámetros demográficos y antropométricos de los escolares estudiados en función del sexo.

| Variable | Niñas (n=218) | Niños (n=204) | Total (n=422) | p valor |
|--------------------------|------------------|------------------|------------------|---------|
| Edad (años) | $8,75\pm 2,24$ | $8,91\pm 2,31$ | $8,83\pm 2,27$ | ,371 |
| Altura (cm) | $1,36\pm 0,15$ | $1,36\pm 0,14$ | $1,36\pm 0,14$ | ,877 |
| Peso (kg) | $36,39\pm 14,26$ | $35,21\pm 13,28$ | $35,82\pm 13,79$ | ,419 |
| IMC (kg/m ²) | $19,08\pm 4,50$ | $18,37\pm 3,97$ | $18,74\pm 4,26$ | ,071 |

Los escolares estaban distribuidos en 9 cursos (tabla 4), de los cuales el 3,55% corresponden a 1º de Infantil (n=15), el 3,55% corresponden a 2º de Infantil (n=15), el 4,74% corresponden a 3º de Infantil (n=20), el 16,11% corresponden a 1º de Primaria (n=68), el 7,82% corresponden a 2º de Primaria (n=33), el 14,45% corresponden a 3º de Primaria (n=60), el 18,25% corresponden a 4º de Primaria (n=77), el 15,40% corresponden a 5º de Primaria (n=65) y el 16,35% corresponden a 6º de Primaria (n=69).

En la tabla 4 se muestran los datos de edad, altura, peso e IMC por curso. Los resultados muestran un aumento de las medias conforme avanza el curso escolar, existiendo diferencias significativas entre 1º, 2º, 3º curso de Infantil y 1º de Primaria y 3º, 4º, 5º y 6º de Primaria en todas las variables.

Tabla 4. Valores descriptivos de los parámetros demográficos y antropométricos de los escolares estudiados en función del curso.

| Curso | Edad | Altura | Peso | IMC |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 1º Infantil ^a (n=15) | 3,74±0,30 ^{c,d,e,f,g,h,i} | 105,08±0,05 ^{e,f,g,h,i} | 16,93±2,77 ^{e,f,g,h,i} | 15,27±1,57 ^{f,g,h,i} |
| 2º Infantil ^b (n=15) | 4,51±0,39 ^{f,g,h,i} | 114,08±0,86 ^{f,g,h,i} | 20,20±3,43 ^{f,g,h,i} | 15,44±1,94 ^{f,g,h,i} |
| 3º Infantil ^c (n=20) | 5,65±0,48 ^{f,g,h,i} | 118,97±0,04 ^{f,g,h,i} | 21,42±3,37 ^{f,g,h,i} | 15,09±1,75 ^{f,g,h,i} |
| 1º Primaria ^d (n=68) | 6,76±0,34 ^{a,b,f,g,h,i} | 122,38±0,05 ^{f,g,h,i} | 25,17±4,27 ^{f,g,h,i} | 16,75±2,19 ^{f,g,h,i} |
| 2º Primaria ^e (n=32) | 7,59±0,32 ^{a,g,h,i} | 128,98±0,05 ^{a,g,h,i} | 30,28±8,55 ^{a,g,h,i} | 17,98±3,72 |
| 3º Primaria ^f (n=62) | 8,67±0,81 ^{a,b,c,d,g,h,i} | 137,10±0,06 ^{a,b,c,d,h,i} | 36,96±8,97 ^{a,b,c,d,i} | 19,48±3,61 ^{a,b,c,d} |
| 4º Primaria ^g (n=76) | 9,75±0,33 ^{a,b,c,d,e,f,h,i} | 140,61±0,06 ^{a,b,c,d,e,i} | 40,18±11,91 ^{a,b,c,d,e} | 20,10±4,68 ^{a,b,c,d} |
| 5º Primaria ^h (n=65) | 10,69±0,34 ^{a,b,c,d,e,f,g} | 146,12±0,06 ^{a,b,c,d,e,f} | 42,75±11,70 ^{a,b,c,d,e,f} | 19,84±4,48 ^{a,b,c,d} |
| 6º Primaria ⁱ (n=69) | 11,75±0,34 ^{a,b,c,d,e,f,g} | 152,8±0,07 ^{a,b,c,d,e,f,g} | 48,15±14,73 ^{a,b,c,d,e,f} | 20,35±4,97 ^{a,b,c,d} |

^a Diferencias significativas con 1º Infantil; ^b Diferencias significativas con 2º Infantil; ^c Diferencias significativas con 3º Infantil; ^d Diferencias significativas con 1º Primaria; ^e Diferencias significativas con 2º Primaria; ^f Diferencias significativas con 3º Primaria; ^g Diferencias significativas con 4º Primaria; ^h Diferencias significativas con 5º Primaria; ⁱ Diferencias significativas con 6º Primaria

En la tabla 5 se muestran los datos de edad, altura, peso e IMC por etapa y ciclo. Cuando se comparan los resultados se observan diferencias significativas entre las dos etapas y los dos ciclos de Educación Primaria, de tal forma que cuanto mayor es la edad de los escolares mayor es la altura, peso e IMC.

Tabla 5. Valores descriptivos de los parámetros demográficos y antropométricos de los escolares estudiados en función de la etapa y ciclo.

| Curso | Edad | Altura | Peso | IMC |
|---|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Infantil ^a (n=50) | 4,73±0,90 ^{b,c} | 113,44±0,85 ^{b,c} | 19,71±3,69 ^{b,c} | 15,25±1,73 ^{b,c} |
| 1º Ciclo Primaria ^b (n=162) | 7,65±1,02 ^{a,c} | 129,32±0,87 ^{a,c} | 30,69±8,95 ^{a,c} | 18,04±3,33 ^{a,c} |
| 2º Ciclo Primaria ^c (n=210) | 10,70±0,90 ^{a,b} | 146,35±0,85 ^{a,b} | 43,59±13,22 ^{a,b} | 20,10±4,70 ^{a,b} |

^a Diferencias significativas con 1º Infantil; ^b Diferencias significativas con 1º Ciclo de Primaria; ^c Diferencias significativas con 2º Ciclo de Primaria

3.3. PROCEDIMIENTO

Los procedimientos experimentales utilizados en este estudio cumplieron con la Declaración de Helsinki y fueron aprobados por el Comité de Ética y Ciencia de la Universidad de Murcia (ID: 77/2013). Previamente a las mediciones, todos los escolares y sus tutores legales, fueron informados sobre los procedimientos del estudio y firmaron, voluntariamente, un consentimiento informado.

Los escolares fueron examinados en ropa interior y descalzos. Todas las medidas fueron tomadas por la mañana en horario escolar y bajo la misma temperatura ambiente (25°C). Los escolares no realizaron ejercicios de activación o estiramientos antes de la medición, ni durante la misma, siguiendo los criterios de Santonja et al. (2020), Sainz de Baranda et al. (2020 a y b) y Cejudo (2022).

Como criterios de inclusión se plantearon que los escolares perteneciesen a algún curso de la etapa de Infantil y Educación Primaria, ser asintomático en el momento de la valoración y no presentar limitaciones músculo-esqueléticas o dolor de espalda. 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 (Santonja et al., 2020, Sainz de Baranda et al., 2020 a y b, Cejudo, 2022).

La valoración de la columna vertebral fue realizada por un explorador experimentado. Previamente a las exploraciones y con el objetivo de calcular la fiabilidad del explorador se realizó un estudio a doble ciego con 12 sujetos. Se calcularon los coeficientes de correlación intraclase (ICC) con intervalos de confianza (IC) del 95%. Los valores del ICC y del mínimo cambio detectable con un intervalo de confianza del 95% (MDC95) para todas las medidas oscilaron entre 0,92 y 0,98 (IC del 95% [0,66-0,99]) y entre 0,44° y 0,85° respectivamente (tabla 6).

Tabla 6. Datos de fiabilidad obtenidos en el estudio piloto.

| Curvatura | Posición | CM (°) | TE (°) | MCD95 (°) | ICC |
|-----------|----------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| Dorsal | BIP | 1,33 (0,31 a 2,35) | 0,16 (0,12 a 0,25) | 0,44 | 0,98 (0,94 a 0,99) |
| | SED | 1,17 (-0,25 a 2,58) | 0,26 (0,19 a 0,40) | 0,72 | 0,95 (0,66 a 0,98) |
| | FLXT | -2,42 (-4,29 a - 0,55) | 0,31 (0,23 a 0,48) | 0,85 | 0,92 (0,80 a 0,97) |
| Lumbar | BIP | -0,17 (-0,70 a 0,37) | 0,15 (0,11 a 0,23) | 0,42 | 0,98 (0,95 a 0,99) |
| | SED | -0,42 (-1,10 a 0,26) | 0,19 (0,14 a 0,30) | 0,52 | 0,97 (0,92 a 0,99) |
| | FLXT | 0,08 (-0,63 a 0,80) | 0,14 (0,11 a 0,22) | 0,39 | 0,98 (0,96 a 0,99) |

BIP: Bipedestación; SED: Sedentación; FLXT: Flexión del Tronco; CM: Mínimo Cambio Detectable; TE: Error Estándar; MCD95: Mínimo Cambio Detectable con Intervalo de Confianza del 95%; ICC: Coeficiente de Correlación Intraclase

Anamnesis y exploración de la columna vertebral

Como paso previo a la valoración de la disposición sagital de la columna vertebral se realizó una anamnesis y una exploración de la columna vertebral, a través de la inspección tanto del plano frontal como del plano sagital.

Se utilizó el protocolo descrito por Santonja (1996) y utilizado en otras investigaciones (Sainz de Baranda, 2002; Sainz de Baranda et al., 2006; Sainz de Baranda et al., 2010; Sainz de Baranda et al., 2020 a y b; Cejudo, 2022).

Con el escolar en bipedestación relajada, en una visión posterior se realizaba un reconocimiento para valorar la existencia de algún desnivel en los hombros, escápulas o pelvis; también para buscar una posible asimetría del triángulo del talle (comprendido entre la cara interna del brazo y la cintura) y la desviación del pliegue interglúteo. También para comprobar la nivelación de la pelvis se presionaba con los pulgares ambas espinas ilíacas posterioresuperiores. A nivel anterior se buscaba la posible asimetría del pliegue submamario y se comprobaba la nivelación de la pelvis a través de las espinas ilíacas anterosuperiores.

En los casos de sospecha de morfotipo escoliótico, se pintaron las espinas dorsales y lumbares y se midió con una plomada las flechas frontales, para evaluar la disposición del raquis dorsal y lumbar en el plano frontal. Además, se realizó el test de Adams, invitando al escolar a flexionar el tronco de forma progresiva y sin doblar las rodillas. En esta posición se observaba la existencia de giba dorsal y/o saliente

paraespinal en el área lumbar. Como se observa en la figura 5 se utilizó un Escoliometer para cuantificar el grado de desnivel (Santonja y Andújar, 2022).

Previo a la cuantificación del plano sagital se estableció la transición entre el segmento dorsal y lumbar. Para ello, en la posición de bipedestación relajada se localizaba la costilla que hay en el talle (la más caudal) en la línea axilar media con el 3º dedo y se localizaba la costilla que está justo por encima de ella. A continuación, se trasladaba este punto a la línea media y se hacía una marca en la piel. Este punto representa la transición entre la región torácica y la lumbar.

Posteriormente se realizaba la valoración de los datos antropométricos y se procedía a la cuantificación de las curvaturas sagitales del raquis en bipedestación relajada, sedentación asténica y flexión máxima del tronco. Además, se cuantificó el ángulo Sacro-Vertical (S-V) en Bipedestación, el ángulo lumbo horizontal en sedentación asténica (L-H SA) que cuantificar la versión de la pelvis en esta postura y la máxima flexión de la pelvis al realizar la máxima flexión del tronco mediante el ángulo lumbo horizontal en flexión (L-H fx).

Cada prueba se realizó un mínimo de dos veces. Cuando las mediciones coincidían se anotaba el resultado obtenido. Cuando las mediciones eran discordantes, se repetía una tercera vez, calculando la media de las mediciones más cercanas (Cejudo, 2022).

Valoración de las variables antropométricas

Las mediciones antropométricas se obtuvieron utilizando técnicas estandarizadas según el protocolo del manual de la ISAK (Marfell-Jones et al., 2006). La altura se midió con un estadiómetro móvil (Seca 213; Seca Ltd., Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0,1 cm. El peso se midió con una báscula electrónica OMRON BF 500 (Omron Corp., Kyoto, Japón) con una precisión de 0,1 kg (figura 6).



Figura 5. Test de Adams y su cuantificación con un Escoliometer.



Figura 6. Valoración de las mediciones antropométricas.

Valoración de la disposición sagital de la columna vertebral

Para la valoración de la disposición sagital de la columna vertebral se utilizó el protocolo descrito por Santonja (1996) y utilizado en otras investigaciones (Sainz de Baranda, 2002; Sainz de Baranda et al., 2006; Sainz de Baranda et al., 2010; Sainz de Baranda et al., 2020 a y b; Cejudo, 2022; Santonja, Andújar, Sainz de Baranda, 2022).

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

Los valores negativos indican grados de lordosis y valores positivos indican grados de cifosis (Santonja et al., 2020).

Bipedestación

Para la medición de las curvaturas en posición de bipedestación, se colocaba al escolar en la posición cero (Santonja et al., 2020), 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 zona donde se obtenía el mayor valor angular, generalmente coincidente con L₅-S₁ (figura 7).



Figura 7. Valoración de la curva dorsal y lumbar en bipedestación relajada.

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 $<20^\circ$; Normal: 20° a 40° ; Cifosis leve: 41° - 60° ; Cifosis moderada $>60^\circ$.

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

Valoración del ángulo Sacro-Vertical en Bipedestación

Para la valoración del ángulo Sacro-Vertical en Bipedestación se utilizó un inclinómetro de base plana. Para la medición se colocaba el inclinómetro calibrado con la vertical a cero grados encima del pliegue interglúteo en la tangente sacra (Burdett et al., 1986; Hernández Martínez, 2017; Santonja y Hernández, 2022) (figura 8).



Figura 8. Valoración del ángulo Sacro-Vertical en Bipedestación.

Flexión máxima del Tronco

Las curvaturas torácica y lumbar fueron evaluadas al realizar una flexión máxima del tronco con las piernas estiradas mientras se realizaba el test distancia dedos-planta (DD-P), siguiendo el protocolo de medición descrito por Santonja (1996) y Serna et al. (1996). Desde la posición inicial el escolar 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., 2010; Santonja et al., 2020; Santonja, Andújar, Sainz de Baranda, 2022) (figura 9).



Figura 9. Valoración de la curva dorsal y lumbar en flexión máxima del tronco..

Para la medición de la cifosis dorsal el inclinómetro se colocó al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), colocándolo a 0°, a continuación, se colocó en T₁₂-L₁, obteniendo el grado de cifosis dorsal. La curva lumbar, se cuantificó colocando el inclinómetro en T₁₂-L₁ a 0° 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 <40°; Normal: 40° a 65°; Cifosis leve: 66°-80°; Cifosis moderada >80°.

Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar, se utilizaron los valores descritos por Santonja (1993): Hipocifosis <10°; Normal: 10° a 30°; Cifosis leve: 31°-40°; Cifosis moderada >40°.

Sedentación

Las curvas torácica y lumbar fueron valoradas en posición de sedentación asténica. El escolar 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; Santonja et al., 2020; Sainz de Baranda et al., 2020 b; Santonja, Andújar, Sainz de Baranda, 2022) (figura 10).

Para la medición de la cifosis dorsal el inclinómetro se colocaba al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), colocándolo a 0°, a continuación, se colocaba en T₁₂-L₁, obteniendo el grado de cifosis dorsal. La curva lumbar, se cuantificó colocando el inclinómetro en T₁₂-L₁ a 0° 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 <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): Hipocifosis <-15°; Normal: 0±15°; Cifosis leve: 16°-25°; Cifosis moderada >25°.



Figura 10. Valoración de curva dorsal y lumbar en sedentación asténica.

Valoración de la pelvis en Sedentación

Para la valoración de la disposición de la pelvis se utilizó el ángulo Lumbo-Horizontal en Sedentación Asténica (L-H SA), 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; Santonja, Andújar, Sainz de Baranda, 2022) (figura 11).

La cuantificación del ángulo L-H SA, se considera de gran interés, ya que traduce la incompetencia de la pelvis para mantener su verticalidad en posiciones de sedentación (Santonja et al. 1995 b). Para la medición se utiliza un goniómetro y se apoya una rama del goniómetro directamente sobre las espinosas de L5-S1, mientras la otra rama se dispone horizontalmente, calculándose en este sentido el ángulo suplementario (figura 11). Para la valoración se han utilizado los rangos propuestos por Ferrer (1998): Normal: $\leq 100^\circ$; Leve retroversión: $101^\circ-110^\circ$; Marcada retroversión: $>110^\circ$.



Figura 11. Ángulo Lumbo-Horizontal en Sedentación Asténica (L-H SA).

Morfotipo Sagital Integral: Clasificación Diagnóstica

En la tabla 7 se muestra el sistema de clasificación diagnóstica del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal, basado en la valoración y categorización de la curva dorsal en las posiciones de bipedestación, sedentación y flexión del tronco (Santonja et al, 2020). De tal forma, que el diagnóstico final está condicionado por el morfotipo obtenido en cada posición. Los rangos de normalidad y patología fueron definidos por Santonja (1993) tras realizar un estudio clínico-radiológico del plano sagital de la columna vertebral. Estos rangos sirven para categorizar la curva dorsal al realizar la valoración mediante métodos no invasivos. Santonja y Pastor (2000) plantean la utilización del inclinómetro, al aportar un valor objetivo y cuantificable en grados de la disposición de las curvaturas.

En la tabla 8 se muestra el sistema de clasificación diagnóstica del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar basado en la valoración y categorización de la curva lumbar en las posiciones de bipedestación, sedentación y flexión del tronco (Santonja et al, 2020). De tal forma, que el diagnóstico final está condicionado por el morfotipo obtenido en cada posición. Los rangos de normalidad y patología fueron definidos por Santonja (1993) tras realizar un estudio clínico-radiológico del plano sagital de la columna vertebral. Estos rangos sirven para categorizar la curva lumbar al realizar la valoración mediante métodos no invasivos. Santonja y Pastor (2000) plantean la utilización del inclinómetro, al aportar un valor objetivo y cuantificable en grados de la disposición de las curvaturas.

Tabla 7. Clasificación diagnóstica del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal.

| Categoría | Subcategoría | Bipedestación | Sedentación | Flexión del tronco |
|------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Cifosis Normal | | Normal (20°-40°) | Normal (20°-40°) | Normal (40°-65°) |
| Hipercifosis funcional dorsal | En estática | Normal (20°-40°) | Hipercifosis (>40°) | Normal (40°-65°) |
| | En dinámica | Normal (20°-40°) | Normal (20°-40°) | Hipercifosis (>65°) |
| | Total | Normal (20°-40°) | Hipercifosis (>40°) | Hipercifosis (>65°) |
| Hipercifosis | Total | Hipercifosis (>40°) | Hipercifosis (>40°) | Hipercifosis (>65°) |
| | En bipedestación | Hipercifosis (>40°) | Normal (20°-40°) | Normal (40°-65°) |
| | En posiciones estáticas | Hipercifosis (>40°) | Hipercifosis (>40°) | Normal (40°-65°) |
| | En dinámica | Hipercifosis (>40°) | Normal (20°-40°) | Hipercifosis (>65°) |
| Hipocifosis o actitud hipocifótica | Dorso plano | Hipocifosis (<20°) | Hipocifosis (<20°) | Hipocifosis (<40°) |
| | En bipedestación | Hipocifosis (<20°) | Normal (20°-40°) | Normal (40°-65°) |
| | En posiciones estáticas | Hipocifosis (<20°) | Hipocifosis (<20°) | Normal (40°-65°) |
| | En dinámica | Hipocifosis (<20°) | Normal (20°-40°) | Hipocifosis (<40°) |
| Cifosis Hipomóvil | | Normal (20°-40°) | Normal (20°-40°) | Hipocifosis (<40°) |

Tabla 8. Clasificación diagnóstica del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar.

| Categoría | Subcategoría | Bipedestación | Sedentación | Flexión del tronco |
|--------------------------------|---|--------------------------------|---|-------------------------------|
| Normal | | Normal (-20°/-40°) | Normal (0±15°) | Normal (10°-30°) |
| Lordosis hipomóvil | Lordosis funcional o lordosis hipomóvil | Normal (-20°/-40°) | Normal (0±15°) | Hipocifosis o lordosis (<10°) |
| | Hipomovilidad lumbar | Hipolordosis (<-20°) | Normal (0±15°) | Hipocifosis (<10°) |
| Actitud hiperlordótica | | Hiperlordosis (>-40°) | Normal (0±15°) | Normal (10°-30°) |
| Hiper cifosis funcional lumbar | En estática | Normal (-20°/-40°) | Hiper cifosis (>15°) | Normal (10°-30°) |
| | En dinámica | Normal (-20°/-40°) | Normal (0±15°) | Hiper cifosis (>30°) |
| | Total | Normal (-20°/-40°) | Hiper cifosis (>15°) | Hiper cifosis (>30°) |
| Hiper movilidad lumbar | Hiper movilidad 1 | Hiper lordosis (>-40°) | Hiper cifosis (>15°) | Hiper cifosis (>30°) |
| | Hiper movilidad 2 | Hiper lordosis (>-40°) | Normal (0±15°) | Hiper cifosis (>30°) |
| | Hiper movilidad 3 | Hiper lordosis (>-40°) | Hiper cifosis (>15°) | Normal (10°-30°) |
| Hipolordosis | Acitud hipolordótica | Hipolordosis (<-20°) | Normal (0±15°) | Normal (10°-30°) |
| | Cifosis lumbar 1 | Hipolordosis (<-20°) | Hiper cifosis (>15°) | Hiper cifosis (>30°) |
| | Cifosis lumbar 2 | Hipolordosis (<-20°) | Hiper cifosis (>15°) | Normal (10°-30°) |
| | Cifosis lumbar 3 | Hipolordosis (<-20°) | Normal (0±15°) | Hiper cifosis (>30°) |
| Hiper lordosis estructurada | | Hiper lordosis (>-40°) | Hiper lordosis (<-15°) o normal (0±15°) | Lordosis o Hipocifosis (<10°) |
| Cifosis lumbar estructurada | | Hipolordosis o Cifosis (<-20°) | Hiper cifosis (>15°) | Hiper cifosis (>30°) |

Valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural

Para la valoración de la musculatura isquiosural se utilizó un test lineal y otro angular.

Test Distancia Dedos-Planta

Con el escolar sentado sobre la camilla se pide al escolar que efectúe la máxima flexión del tronco intentando sobrepasar la planta de los pies con la punta de los dedos de ambas manos, manteniendo las rodillas extendidas. Las plantas de los pies se colocan perpendiculares al suelo, en contacto con el cajón de medición y las puntas de los pies mirando hacia arriba. En esta posición se solicita que realice una flexión máxima del tronco manteniendo las rodillas y los brazos extendidos. Las palmas de las manos, una encima de la otra, se deslizan sobre el cajón hasta alcanzar la máxima distancia posible (Santonja et al, 2022). En el presente estudio se utilizó el dispositivo “DD-P Sant” y se calculó la distancia que queda entre los dedos de la mano y la planta de los pies en centímetros, considerando los valores positivos los que sobrepasen la planta y los valores negativos los que no la alcanzan (figura 12).



Figura 12. Valoración del test Distancia Dedos-Planta (DD-P).

Para la clasificación de la extensibilidad isquiosural, se siguió el criterio de Santonja et al. (1995 b), Ferrer (1998) y Santonja et al. (2022) que consideran en escolares valores normales de ≥ -2 cm, la cortedad grado I entre -3 y -9 cm y la cortedad grado II en ≤ -10 cm.

Ángulo Lumbo-Horizontal en Flexión (L-H fx)

Para desarrollar el test Lumbo-Horizontal en Flexión (L-H fx) se utiliza la misma posición que el test DD-P y, una vez que el escolar alcanza la máxima distancia, se efectúa la medición del ángulo generado entre la horizontal y la línea más caudal de la región lumbosacra con un goniómetro (figura 13). Se consideran como valores normales para el L-H fx aquellos que son iguales o inferiores a 100° , entendiendo que existe una marcada limitación de la flexión de la pelvis, cuando el ángulo es igual o superior a 115° (Santonja et al., 1994; Santonja et al., 2022).



Figura 13. Ángulo Lumbo-Horizontal en flexión del tronco (L-H fx).

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Previo al análisis estadístico, se aplicaron los test Kolmogorov-Smirnov y de homocedasticidad a los valores de las variables continuas para determinar o no la distribución normal de los datos. Se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas (peso, talla, IMC, disposición de la pelvis y extensibilidad isquiosural) para la muestra total, así como por sexo, etapa educativa y curso académico conteniendo la media y las desviaciones estándar; también, se realizó un análisis de frecuencia (recuentos y porcentajes) para las variables cualitativas (etapas educativas y cursos académicos).

Para las variables no distribuidas normalmente (extensibilidad isquiosural, disposición pélvica y morfotipo sagital del raquis) se utilizaron los test Mann-Whitney (dos grupos: niños versus niñas) y Kruskal-Wallis (más de dos grupos [categóricas vs numérica]: etapas educativas y cursos académicos) para determinar las diferencias en los valores medios entre muestras independientes. Estos análisis se complementaron con el cálculo del tamaño del efecto mediante el estadístico d de Hedges. Según Hopkins et al. (2009), la magnitud del tamaño del efecto se interpretó como trivial ($< 0,2$), pequeño ($0,2$ a $0,59$), moderado ($0,6$ a $1,19$), grande ($1,20$ a $2,00$), muy grande ($2,00$ a $3,99$) o extremadamente grande ($> 4,0$).

Se calculó la diferencia de proporción entre las frecuencias de las variables categóricas (etapa educativa y curso académico) mediante Fisher's exact test.

Para el análisis predictivo, se dicotomizaron los valores de las curvas dorsal y lumbar (normal versus aumentada/desalineación) del morfotipo sagital del raquis mediante un análisis clúster K-medias. Además, un test de regresión logística binaria utilizando el método INTRO (probabilidad $p \leq 0,05$; probabilidad de eliminación $p \leq 0,10$) se aplicó para identificar las variables asociadas a las curvas sagitales raquídeas (peso, talla, IMC, disposición pélvica y extensibilidad isquiosural); se utilizó el análisis de odds ratio para calcular los efectos simultáneos de varios predictores en lugar de las estimaciones de riesgo relativo. El efecto pequeño (de 1 a 1,25), el efecto medio (de 1,25 a 2) y el efecto grande (≥ 2) fueron las tres categorías utilizadas para interpretar los tamaños del efecto de la odds ratio (OR). Finalmente, un análisis de clasificación binaria por características operativas del receptor (ROC) se calculó para determinar un valor de corte óptimo para cada variable predictora de la desalineación sagital raquídea identificados en el análisis de regresión logística binaria. Este análisis estadístico identificó a los escolares con alto riesgo de sufrir una desalineación sagital raquídea. Posteriormente, el test índice de Youden estableció el punto corte óptimo a través del mayor valor de sensibilidad (capacidad de identificar a los escolares con alto riesgo de

desalineación sagital raquídea) y especificidad (capacidad de identificar a los escolares con disposición sagital raquídea normal).

El análisis estadístico fue realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences, v. 24.0, para Windows; SPSS Inc, Chicago). Un p-valor inferior a 0,05 se estableció como nivel de significancia estadística.

4. RESULTADOS

4.1. CURVATURAS SAGITALES DE LA COLUMNA VERTEBRAL Y LA PELVIS

Los valores medios y desviación típica del plano sagital de la columna vertebral y de la disposición de la pelvis se muestran en la tabla 9. Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se encuentran diferencias significativas en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación. De igual manera, se observan diferencias entre niños y niñas en la disposición de la pelvis en las tres posiciones analizadas.

Tabla 9. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral y la pelvis en función del sexo en escolares de 3 a 13 años.

| Variable | Niñas | Niños | Total | p valor |
|------------------------|-----------|------------|------------|---------|
| BIP_Dorsal (°) | 39,2±9,3 | 40,2±8,4 | 39,7±8,8 | ,255 |
| BIP_Lumbar (°) | -33,8±8,2 | -30,5±7,8 | -32,2±8,2 | ,000 |
| SED_Dorsal (°) | 39,6±11,4 | 44,3±10,8 | 41,9±11,3 | ,000 |
| SED_Lumbar (°) | 9,2±12,9 | 14,9±9,4 | 12,0±11,7 | ,000 |
| FLXT_Dorsal (°) | 61,4±11,0 | 65±9,6 | 63,0±10,5 | ,000 |
| FLXT_Lumbar | 27,3±10,1 | 29,7±6,9 | 28,4±8,9 | ,010 |
| BIP Sacro-Vertical (°) | 20,1±6,6 | 17,1±6,4 | 18,7±6,7 | ,000 |
| L-H SA (°) | 99,2±11,8 | 110,4±71,9 | 102,2±12,0 | ,000 |
| L-H fx (°) | 94,1±14,4 | 109,6±9,6 | 101,2±14,6 | ,000 |

En la tabla 10 se muestran los valores medios y desviación típica del plano sagital de la columna vertebral según el curso escolar. Cuando se analizan los resultados en función del curso se encuentran diferencias significativas en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación y sedentación. Específicamente, se encuentran diferencias en la curva dorsal en flexión del tronco ($p=0,021$) y en la curva lumbar en bipedestación ($p\leq 0,043$), sedentación ($p\leq 0,042$) y flexión del tronco ($p=0,021$).

Tabla 10. Valores descriptivos de las curvas sagitales del raquis en función del curso en escolares de 3 a 13 años.

| Curso | BIP_ | BIP_ | SED_ | SED_ | FLXT_ | FLXT_ |
|--------------------------|------------|--------------------------|------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| | Dorsal (°) | Lumbar (°) | Dorsal (°) | Lumbar (°) | Dorsal (°) | Lumbar (°) |
| 1º Infantil ^a | 39,6±6,5 | -30,7±8,2 | 42,8±9,4 | 15,3±8,9 | 48,6±2,3 | 28,3±6,6 |
| 2º Infantil ^b | 38,6±6,9 | -28,8±10,6 | 48,8±9,9 | 19,6±6,9 ⁱ | 50,3±5,5 | 31,6±16 |
| 3º Infantil ^c | 40,1±5,3 | -26,7±6,7 ^{£,i} | 44,6±9,6 | 15,4±12,3 | 62±6,6 | 28,2±7,8 |
| 1º Primaria ^d | 39,2±9,0 | -30,6±8,1 | 42,1±10,7 | 16,9±7,9 ⁱ | 57,1±10,1 ^{g,h,i} | 31,4±7,4 ⁱ |
| 2º Primaria ^e | 41,1±7,9 | -33,7±7,7 | 46,4±10,8 | 13,7±12 | 62,2±6,3 | 33,5±2,1 |
| 3º Primaria ^f | 38,6±7,8 | -33,8±8,3 ^c | 39,4±11 | 11,1±12,7 | 60,4±9,6 | 28,6±1,2 |
| 4º Primaria ^g | 37,7±8,5 | -32,4±7,8 | 40,7±12 | 11,3±12,4 | 63,9±7,6 ^d | 28,3±1,1 |
| 5º Primaria ^h | 42,3±9,5 | -32,6±8,6 | 42,7±11,7 | 9±11,2 ^{b,d} | 67,3±11,1 ^d | 26,8±1,2 |
| 6º Primaria ⁱ | 40,4±10,7 | -34,1±7,2 ^c | 40,1±11,6 | 7,3±12 ^{b,d} | 67,1±11,5 ^d | 26,2±1,3 ^d |

^aDiferencias significativas con 1º Infantil; ^bDiferencias significativas con 2º Infantil; ^cDiferencias significativas con 3º Infantil; ^dDiferencias significativas con 1º Primaria; ^eDiferencias significativas con 2º Primaria; ^fDiferencias significativas con 3º Primaria; ^gDiferencias significativas con 4º Primaria; ^hDiferencias significativas con 5º Primaria; ⁱDiferencias significativas con 6º Primaria

En la tabla 11 se muestran los valores medios y desviación típica de la disposición de la pelvis en las tres posiciones analizadas según curso escolar. Cuando se analizan las diferencias en función del curso solo se encuentran diferencias significativas en la posición de sedentación ($p \leq 0,25$).

Tabla 11. Valores descriptivos de la disposición de la pelvis en función del curso en escolares de 3 a 12 años.

| Curso | BIP Sacro-Vertical (°) | L-H SA (°) | L-H fx (°) |
|--------------------------|------------------------|--------------------------------|------------|
| 1º Infantil ^a | -19,6±9,4 | 107±10,7 ⁱ | 92,6±6,1 |
| 2º Infantil ^b | -16,6±6,3 | 111,3±8,6 ^{h,i} | 89,6±12,6 |
| 3º Infantil ^c | -16,9±6 | 106,8±10,4 ⁱ | 98,5±8,5 |
| 1º Primaria ^d | -17,4±7,3 | 106,6±9,1 ^{h,i} | 99,6±13,3 |
| 2º Primaria ^e | -19,5±6,4 | 106,1±11,4 ^{h,i} | 105,6±10,1 |
| 3º Primaria ^f | -18,3±6,8 | 100,6±14,2 | 100,4±15,1 |
| 4º Primaria ^g | -19,6±6,6 | 101,9±10,1 | 101,5±14,6 |
| 5º Primaria ^h | -18,8±6,8 | 97,9±14,2 ^{b,d,e} | 102,3±14,3 |
| 6º Primaria ⁱ | -19,6±5,3 | 97,8±10,1 ^{a,b,c,d,e} | 102,3±16,9 |

^aDiferencias significativas con 1º Infantil; ^bDiferencias significativas con 2º Infantil; ^cDiferencias significativas con 3º Infantil; ^dDiferencias significativas con 1º Primaria; ^eDiferencias significativas con 2º Primaria; ^fDiferencias significativas con 3º Primaria; ^gDiferencias significativas con 4º Primaria; ^hDiferencias significativas con 5º Primaria; ⁱDiferencias significativas con 6º Primaria

En la tabla 12 se muestran los valores medios y la desviación típica del plano sagital de la columna vertebral según la etapa y ciclo. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación.

Específicamente, se encuentran diferencias en la curva dorsal en sedentación ($p=0,024$) y flexión del tronco ($p\leq 0,002$) y en la curva lumbar en bipedestación ($p\leq 0,017$), sedentación ($p\leq 0,000$) y flexión del tronco ($p\leq 0,009$).

Tabla 12. Valores descriptivos de las curvaturas sagitales del raquis en función de la etapa y ciclo en escolares de 3 a 12 años.

| Curso | BIP_ | BIP_ | SED_ | SED_ | FLXT_ | FLXT_ |
|--------------------------------|------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Dorsal (°) | Lumbar (°) | Dorsal (°) | Lumbar (°) | Dorsal (°) | Lumbar (°) |
| Infantil ^a | 39,3±6,1 | -28,5±8,5 ^{b,c} | 45,3±9,7 ^c | 16,6±9,9 ^c | 54,5±8 ^c | 29,3±9,5 |
| 1º Ciclo Primaria ^b | 39,4±8,3 | -32,4±8,2 ^a | 41,9±11,1 | 14,1±11,1 ^c | 59,2±9,7 ^c | 30,2±8,2 ^c |
| 2º Ciclo Primaria ^c | 40±9,7 | -33±8,2 ^a | 41,1±11,3 ^a | 9,3±12 ^{a,b} | 66±10,1 ^b | 27,2±9,1 ^b |

^a Diferencias significativas con 1º Infantil; ^b Diferencias significativas con 1º Ciclo de Primaria; ^c Diferencias significativas con 2º Ciclo de Primaria

En la tabla 13 se muestran los valores medios y desviación típica de la disposición de la pelvis en las tres posiciones analizadas según la etapa y ciclo. Cuando se analizan las diferencias solo se encuentran diferencias significativas en la posición de sedentación ($p\leq 0,044$).

Tabla 13. Valores descriptivos de la disposición de la pelvis en función del curso en escolares de 3 a 12 años.

| Curso | BIP Sacro-Vertical (°) | L-H SA (°) | L-H fx (°) |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------|------------|
| 1º Infantil ^a | 17,6±7,2 | 108,2±10,0 ^{b,c} | 94,1±9,1 |
| 1º Ciclo Primaria ^b | 18,2±6,9 | 104,2±12,1 ^a | 100,6±14,0 |
| 2º Ciclo Primaria ^c | 19,3±6,2 | 104,1±11,3 ^a | 102,0±15,2 |

^a Diferencias significativas con 1º Infantil; ^b Diferencias significativas con 1º Ciclo de Primaria; ^c Diferencias significativas con 2º Ciclo de Primaria

En la tabla 14 se muestran los valores medios y desviación típica del plano sagital de la columna vertebral según la etapa y ciclo diferenciando entre sexos. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en todas las etapas y ciclos, aunque el número de variables donde se encuentran diferencias significativas es mayor conforme aumenta la edad de los escolares.

Específicamente, en la etapa de infantil se encuentran diferencias en la disposición de la pelvis en posición de sedentación ($p=0,018$), con mayores valores de retroversión de la pelvis en los niños ($111,8^\circ\pm 7,2^\circ$ versus $104,8^\circ\pm 11,2^\circ$).

En el primer ciclo de primaria se observan diferencias en las curvaturas dorsal en sedentación ($p=0,001$), lumbar en bipedestación ($p=0,035$) y sedentación ($p=0,002$) y en la disposición de la pelvis en las tres posiciones, pelvis en bipedestación ($p=0,025$), pelvis en sedentación ($p=0,000$) y pelvis en flexión del tronco ($p=0,000$).

En el segundo ciclo de primaria se observan diferencias significativas en todas las curvaturas y posiciones excepto para la curva dorsal en bipedestación y flexión del tronco. De tal forma que las niñas presentan mayor grado de lordosis lumbar en bipedestación ($35,20 \pm 8,21^\circ$ versus $30,93 \pm 7^\circ$; $p=0,000$); mientras que los niños presentan mayores valores de cifosis dorsal ($45^\circ \pm 10,14^\circ$ versus $39,45^\circ \pm 11,34^\circ$; $p=0,001$) y lumbar en sedentación ($17,1^\circ \pm 8,17^\circ$ versus $11,69^\circ \pm 12,54^\circ$; $p=0,002$) y en la cifosis lumbar en flexión del tronco ($p=0,001$).

Cuando se valoran las diferencias en la disposición de la pelvis se encuentran diferencias significativas en las tres posiciones. De tal forma que las niñas presentan mayores valores de anteversión de pelvis en bipedestación ($21,3^\circ \pm 6,2^\circ$ versus $17,5^\circ \pm 5,8^\circ$; $p=0,000$) y los niños mayores valores de retroversión de pelvis en sedentación ($102,3^\circ \pm 12,6$ versus $96,2^\circ \pm 9,5$; $p=0,000$) y flexión del tronco ($110,1^\circ \pm 9,4$ versus $94,1^\circ \pm 15,7$; $p=0,000$).

Tabla 14. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral y la pelvis en función de la etapa escolar, ciclo y sexo de los escolares de 3 a 12 años.

| Variable | Infantil ^a | | 1º Ciclo Primaria ^b | | 2º Ciclo Primaria ^c | |
|------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|
| | Niñas | Niños | Niñas | Niños | Niñas | Niños |
| BIP_Dorsal (°) | 39,81±5,36 | 38,83±6,96 | 38,98±8,76 | 39,97±7,97 | 39,31±10,5 | 40,80±8,99 |
| BIP_Lumbar (°) | -28,92±5,31 | -28,17±11,15 | -33,83±8,55* | -30,82±7,56 | -35,20±8,21* | -30,93±7,0 |
| SED_Dorsal (°) | 44,58±8,0 | 46,21±11,44 | 39,45±11,34* | 45,0±10,14 | 38,66±11,93* | 43,49±11,26 |
| SED_Lumbar (°) | 14,54±11,42 | 18,98±7,72 | 11,69±12,54* | 17,1±8,17 | 5,84±12,95* | 12,68±10 |
| FLXT_Dorsal (°) | 55±7,7 | 53,33±10,41 | 57,97±10,21 | 60,98±8,86 | 64,45±11 | 67,62±8,97 |
| FLXT_Lumbar | 27,57±7,39 | 33,33±14,43 | 29,98±8,85 | 30,67±7,42 | 25,47±10,93* | 29,1±6,34 |
| BIP Sacro-Vertical (°) | 18,12±5,87 | 17,17±8,66 | 19,47±7,1* | 16,6±6,58 | 21,30±6,23* | 17,54±5,82 |
| L-H SA (°) | 104,85±11,21* | 111,87±7,27 | 100,93±13,39* | 108,26±8,72 | 96,28±9,57* | 102,35±12,68 |
| L-H fx (°) | 92,57±8,77 | 97,67±10,97 | 94,20±13,12* | 109,56±9,69 | 94,17±15,70* | 110,1±9,41 |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p \leq 0,035$)

4.2. MORFOTIPO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Los valores medios y desviación típica de la curva dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión máxima del tronco se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Valores descriptivos en grados de la curva dorsal y lumbar en cada posición.

| | Curvatura | Media | Mínimo | Máximo |
|----------------------|-----------|-----------|--------|--------|
| Bipedestación | Dorsal(°) | 39,7±8,8 | 13 | 72 |
| | Lumbar(°) | -32,2±8,2 | -6 | -65 |
| Sedentación | Dorsal(°) | 41,9±11,3 | 15 | 72 |
| | Lumbar(°) | 12,1±11,7 | -25 | 56 |
| Flexión MT | Dorsal(°) | 63,1±10,5 | 36 | 90 |
| | Lumbar(°) | 28,4±8,9 | -8 | 65 |

En la tabla 16 se muestra el porcentaje de escolares que presentan curvaturas dentro de los valores de normalidad en las distintas posiciones. Cuando se analizan los datos en bipedestación se observa un porcentaje de normalidad del 74,9% para la curva dorsal y del 84,6% para la curva lumbar. Cuando se analizan los datos en sedentación se observa un porcentaje de normalidad del 56,2% y del 82,4% para la curva dorsal y lumbar respectivamente. Mientras que en la posición de flexión máxima del tronco se observan porcentajes de normalidad del 65% y del 67,9% para la curva dorsal y lumbar respectivamente.

Tabla 16. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco.

| Posición/Curvatura | Morfotipo | n | % |
|---------------------------|------------------|------------|--------------|
| Morf_BIP_Dors | Rectificado | 12 | 2,8% |
| | Normal | 316 | 74,9% |
| | Hipercifosis | 94 | 22,3% |
| | Total | 422 | 100% |
| Morf_BIP_Lum | Morfotipo | n | % |
| | Hipolordosis | 11 | 2,6% |
| | Normal | 357 | 84,6% |
| | Hiperlordosis | 54 | 12,8% |
| Total | 422 | 100% | |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | n | % |
| Morf_SED_Dors | Rectificado | 30 | 7,1% |
| | Normal | 237 | 56,2% |
| | Hipercifosis | 155 | 36,7% |
| | Total | 422 | 100% |
| Morf_SED_Lum | Morfotipo | n | % |
| | Hiperlordosis | 1 | 0,2% |
| | Normal | 347 | 82,4% |
| | Hipercifosis | 73 | 17,3% |
| Total | 422 | 100% | |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | n | % |
| Morf_FLEXT_Dors | Rectificado | 4 | 1,4% |
| | Normal | 180 | 65,0% |
| | Hipercifosis | 93 | 33,6% |
| | Total | 277 | 100% |
| Morf_FLEXT_Lum | Morfotipo | n | % |
| | Hiperlordosis | 3 | 1,1% |
| | Normal | 188 | 67,9% |
| | Hipercifosis | 86 | 31,0% |
| Total | 277 | 100% | |

En la tabla 17 se muestra el porcentaje de escolares que presentan curvaturas dentro de los valores de normalidad en las distintas posiciones en función del sexo. Cuando se analizan los datos en bipedestación se observa para la curva dorsal un porcentaje de normalidad similar para las niñas y los niños (75,2% versus 74,5%), sin embargo, las niñas presentan un mayor porcentaje de morfotipos rectificadas (4,6% versus 1%) y los niños un mayor número de hipercifosis (24,5% versus 20,2%). Cuando se analizan los morfotipos de la curva lumbar en bipedestación se observa un mayor porcentaje de normalidad para los niños (88,2% versus 81,2%), además, los niños presentan un mayor número de casos de hipolordosis (4,4% versus 0,9%) y las niñas un mayor número de casos de hiperlordosis (17,9% versus 7,4%).

Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se observan diferencias significativas en la curva lumbar en bipedestación ($X^2(2)= 14,698$; $p= 0,001$; $\eta^2= 0,185$; V de Cramer = 0,001), especialmente se observa una diferencia de proporción en las categorías de hipolordosis e hiperlordosis.

Cuando se analizan los datos en sedentación se observa para la curva dorsal un mayor porcentaje de normalidad para las niñas (58,7% versus 53,4%), además las niñas presentan un mayor porcentaje de morfotipos rectificadas (10,6% versus 3,4%) y los niños mayor número de hipercifosis (43,1% versus 30,7%). Cuando se analizan los morfotipos de la curva lumbar en sedentación se observa un mayor porcentaje de normalidad para las niñas (85,7% versus 78,9%), y un mayor porcentaje de hipercifosis para los niños (21,1% versus 13,8%).

Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se observan diferencias significativas en la curva dorsal en sedentación ($X^2(2)= 12,451$; $p= 0,002$; $\eta^2= 0,165$; V de Cramer= 0,002), especialmente se observa una diferencia de proporción en las categorías de rectificado y de hipercifosis.

Cuando se analizan los datos en flexión del tronco se observa para la curva dorsal un mayor porcentaje de normalidad para las niñas (68,7% versus 60,6%), además las niñas presentan un mayor porcentaje de morfotipos rectificadas (2,7% versus 0%) y los niños un mayor número de hipercifosis (39,4% versus 28,7%). Cuando se analizan los morfotipos de la curva lumbar en sedentación, se observa un mayor porcentaje de normalidad para las niñas (69,3% versus 66,1%), un mayor porcentaje de casos de hiperlordosis para las niñas (2% versus 0%) y un mayor porcentaje de hipercifosis para los niños (33,9% versus 28,7%).

Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se observan diferencias significativas en la curva dorsal en flexión del tronco ($X^2(2) = 6,417$; $p = 0,040$; $\eta^2 = 0,134$; V de Cramer = $0,040$), especialmente se observa una diferencia de proporción en las categorías de rectificado y de hiperlordosis.

Tabla 17. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco según sexo.

| Posición/Curvatura | Morfotipo | Niñas | Niños |
|---------------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Morf_BIP_Dors | Rectificado | 10 (4,6%) | 2 (1%) |
| | Normal | 164 (75,2%) | 152 (74,5%) |
| | Hiperlordosis | 44 (20,2%) | 50 (24,5%) |
| | Total | 218 (100%) | 204 (100%) |
| | Morfotipo | | |
| Morf_BIP_Lum | Hiperlordosis | 2 (0,9%) | 9 (4,4%)* |
| | Normal | 177 (81,2%) | 180 (88,2%) |
| | Hiperlordosis | 39 (17,9%)* | 15 (7,4%) |
| | Total | 218 (100%) | 204 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | |
| Morf_SED_Dors | Rectificado | 23 (10,6%)* | 7 (3,4%) |
| | Normal | 128 (58,7%) | 109 (53,4%) |
| | Hiperlordosis | 67 (30,7%) | 88 (43,1%)* |
| | Total | 218 (100%) | 204 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | |
| Morf_SED_Lum | Hiperlordosis | 1 (0,5%) | |
| | Normal | 186 (85,7%) | 161 (78,9%) |
| | Hiperlordosis | 30 (13,8%) | 43 (21,1%) |
| | Total | 217 (100%) | 204 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | |
| Morf_FLEXT_Dors | Rectificado | 4 (2,7%)* | 0 |
| | Normal | 103 (68,7%) | 77 (60,6%) |
| | Hiperlordosis | 43 (28,7%) | 50 (39,4%)* |
| | Total | 150 (100%) | 127 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | |
| Morf_FLEXT_Lum | Hiperlordosis | 3 (2,0%) | |
| | Normal | 104 (69,3%) | 84 (66,1%) |
| | Hiperlordosis | 43 (28,7%) | 43 (33,9%) |
| | Total | 150 (100%) | 127 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p \leq 0,040$)

En la tabla 18 se muestra el porcentaje de escolares según categorías del morfotipo sagital para la curva dorsal y lumbar según etapa y ciclo.

Cuando se analizan las diferencias en función de la etapa y el ciclo se observan diferencias significativas en sedentación (curva dorsal y lumbar) y en flexión del tronco (curva dorsal y lumbar).

Concretamente para la curva dorsal en sedentación se observan diferencias significativas de proporción en las 3 etapas ($X^2(4)= 9,837$; $p= 0,043$; $\eta^2= 0,151$; V de Cramer= $0,043$), de tal forma que se observa un mayor porcentaje de morfotipos hipercifóticos en Infantil y en el 1er Ciclo de Primaria, mientras que hay una mayor normalidad en el 2º Ciclo de Primaria, también se observa en este ciclo un mayor porcentaje de morfotipos rectificadas.

Para la curva lumbar en sedentación se observan diferencias significativas de proporción en las 3 etapas ($X^2(4)= 12,978$; $p= 0,011$; $\eta^2= 0,154$; V de Cramer = $0,011$), especialmente se observa una diferencia de proporción en las categorías de morfotipo normal e hipercifosis lumbar funcional. Así, se observa un mayor porcentaje de morfotipos normales en el 1er y 2º Ciclo de Primaria en comparación con la etapa de Infantil. También existen un mayor porcentaje de morfotipos hipercifóticos en la etapa de Infantil y en el 1º Ciclo de Primaria.

Para la curva dorsal en flexión del tronco se observan diferencias significativas de proporción en las 3 etapas ($X^2(4)= 22,116$; $p= 0,000$; $\eta^2= 0,251$; V de Cramer = $0,000$), de tal forma que se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la normalidad en Infantil y en el 1º Ciclo de Primaria, mientras que hay una mayor porcentaje de morfotipos hipercifóticos en el 2º Ciclo de Primaria.

Para la curva lumbar en flexión del tronco se observan diferencias significativas de proporción en las 3 etapas ($X^2(4)= 12,114$; $p= 0,017$; $\eta^2= 0,206$; V de Cramer = $0,017$), de tal forma que se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la normalidad en Infantil y en el 2º Ciclo de Primaria, mientras que hay una mayor porcentaje de morfotipos hipercifóticos en el 1º Ciclo de Primaria.

Tabla 18. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco según etapa y ciclo.

| Posición/Curvatura | Morfotipo | Infantil | 1º Ciclo Primaria | 2º Ciclo Primaria |
|--------------------|---------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Morf_BIP_Dors | Rectificado | 0 (0%) | 5 (3,1%) | 7 (3,3%) |
| | Normal | 41 (82%) | 126 (77,8%) | 149 (71%) |
| | Hipercifosis | 9 (18%) | 31 (19,1%) | 54 (25,7%) |
| | Total | 50 (100%) | 162 (100%) | 210 (100%) |
| Morf_BIP_Lum | Hipolordosis | 4 (8%) | 3 (1,9%) | 4 (1,9%) |
| | Normal | 43 (86%) | 139 (85,8%) | 175 (83,3%) |
| | Hiperlordosis | 3 (6%) | 20 (12,3%) | 31 (14,8%) |
| | Total | 50 (100%) | 162 (100%) | 210 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | |
| Morf_SED_Dors* | Rectificado | 1 (2%) | 10 (6,2%) | 19 (9%)* |
| | Normal | 22 (44%) | 92 (56,8%) | 123 (58,6%) |
| | Hipercifosis | 27 (54%)* | 60 (37%)* | 68 (32,4%) |
| | Total | 50 (100%) | 162 (100%) | 210 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | |
| Morf_SED_Lum* | Hiperlordosis | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (0,5%) |
| | Normal | 35 (70%) | 128 (79%)* | 184 (87,6%)* |
| | Hipercifosis | 15 (30%)* | 34 (21%)* | 24 (11,4%) |
| | Total | 50 (100%) | 162 (100%) | 210 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | |
| Morf_FLEXT_Dors* | Rectificado | 0 (0%) | 1 (1,1%) | 3 (1,9%) |

| | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| | Normal | 10 (100%)* | 81 (78,6%)* | 89 (54,2%) |
| | Hipercifosis | 0 (0%) | 21 (20,3%) | 72 (43,9%)* |
| | Total | 10 (100%) | 103 (100%) | 164 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | |
| | Hiperlordosis | 0 (0%) | 0 (0%) | 3 (2%) |
| | Normal | 7 (70%)* | 59 (57,2%) | 122 (74,3%)* |
| Morf_ FLEXT _Lum* | Hipercifosis | 3 (30%) | 44 (44,8%)* | 39 (23,7%) |
| | Total | 10 (100%) | 103 (100%) | 164 (100%) |

*Diferencias significativas en función de la etapa y ciclo ($p \leq 0,043$).

En la tabla 19 se muestra el porcentaje de escolares según categorías del morfotipo sagital para la curva dorsal y lumbar según etapa, ciclo y sexo.

Cuando se analizan las diferencias en la etapa de Infantil se observan diferencias significativas en la curva lumbar en Bipedestación, de tal forma que el tipo de desalineación raquídea es distinta según el sexo ($X^2(2)= 8,818$; $p=0,012$; $\eta^2= 0,056$; V de Cramer= $0,012$), observándose estas diferencias de proporción en las 3 categorías de morfotipos (tabla 19).

Cuando se analizan las diferencias en la etapa de Educación Primaria en el 1º Ciclo se observan diferencias significativas en la curva dorsal en Sedentación, de tal forma que el tipo de desalineación raquídea es distinta según el sexo ($X^2(2)= 8,754$; $p= 0,013$; $\eta^2= 0,224$; V de Cramer= $0,013$), observándose estas diferencias de proporción en las 3 categorías de morfotipos.

Cuando se analizan las diferencias en la etapa de Educación Primaria en el 2º Ciclo se observan diferencias significativas tanto en la curva dorsal como en la curva lumbar.

En la curva dorsal, se observan diferencias de proporción en las tres categorías, tanto en Sedentación ($X^2(2)= 6,473$; $p= 0,039$; $\eta^2= 0,175$; V de Cramer= $0,039$), como en Flexión del Tronco ($X^2(2)= 6,336$; $p=0,042$; $\eta^2= 0,182$; V de Cramer= $0,042$).

En la curva lumbar, se observan diferencias significativas de proporción en Bipedestación, de tal forma que el tipo de desalineación raquídea es distinta según el sexo ($X^2(2)= 15,094$; $p= 0,001$; $\eta^2= 0,264$; V de Cramer= $0,001$), observándose estas diferencias de proporción en las 3 categorías de morfotipos.

Tabla 19. Morfotipo raquídeo de la curvatura dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y flexión del tronco según etapa, ciclo y sexo.

| | | Infantil | | 1º Ciclo Primaria | | 2º Ciclo Primaria | |
|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Posición/Curvatura | Morfotipo | Niñas | Niños | Niñas | Niños | Niñas | Niños |
| Morf_BIP_Dors | Rectificado | 0 (0%) | 0 (0%) | 5 (5,6%) | 0 (0%) | 5 (4,9%) | 2 (1,9%) |
| | Normal | 23 (88,5%) | 18 (75%) | 67 (75,3%) | 59 (80,8%) | 74 (71,8%) | 75 (70,1%) |
| | Hipercifosis | 3 (11,5%) | 6 (25%) | 17 (19,1%) | 14 (19,2%) | 24 (23,3%) | 30 (28%) |
| | Total | 26 (100%) | 24 (100%) | 89 (100%) | 73 (100%) | 103 (100%) | 107 (100%) |
| | Morfotipo | | | | | | |
| Morf_BIP_Lum | Hipolordosis | 0 (0%) | 4 (16,7%) | 1 (1,1%) | 2 (2,7%) | 1 (1%) | 3 (2,8%) |
| | Normal | 26 (100%) | 17 (70,8%) | 74 (83,1%) | 65 (89%) | 77 (74,8%) | 98 (91,6%) |
| | Hiperlordosis | 0 (0%) | 3 (12,5%) | 14 (15,7%) | 6 (8,2%) | 25 (24,3%) | 6 (5,6%) |
| | Total | 26 (100%) | 24 (100%) | 89 (100%) | 73 (100%) | 103 (100%) | 107 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | | | | |
| Morf_SED_Dors | Rectificado | 1 (3,8%) | 0 (0%) | 9 (10,1%) | 1 (1,4%) | 13 (12,6%) | 6 (5,6%) |
| | Normal | 10 (38,5%) | 12 (50%) | 54 (60,7%) | 38 (52,1%) | 64 (62,1%) | 59 (55,1%) |
| | Hipercifosis | 15 (57,7%) | 12 (50%) | 26 (29,2%) | 34 (46,6%) | 26 (25,2%) | 42 (39,3%) |
| | Total | 26 (100%) | 24 (100%) | 89 (100%) | 73 (100%) | 103 (100%) | 107 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | | | | |
| Morf_SED_Lum | Hiperlordosis | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (1%) | 0 (0%) |
| | Normal | 20 (76,9%) | 15 (62,5) | 75 (84,3%) | 53 (72,6%) | 91 (89,2%) | 93 (86,9%) |
| | Hipercifosis | 6 (23,1%) | 9 (37,5) | 14 (15,7%) | 20 (27,4%) | 10 (9,8%) | 14 (13,1%) |
| | Total | 26 (100%) | 24 (100%) | 89 (100%) | 73 (100%) | 102 (100%) | 107 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---------------------------|---------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Morf_FLEXT_Dors | Rectificado | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (1,7%) | 0 (0%) | 3 (3,6%) | 0 (0%) |
| | Normal | 7 (100%) | 3 (100%) | 46 (76,7%) | 35 (81,4%) | 50 (60,2%) | 39 (48,1%) |
| | Hipercifosis | 0 (0%) | 0 (0%) | 13 (21,7%) | 8 (18,6%) | 30 (36,1%) | 42 (51,9%) |
| | Total | 7 (100%) | 3 (100%) | 60 (100%) | 43 (100%) | 83 (100%) | 81 (100%) |
| Posición/Curvatura | Morfotipo | | | | | | |
| Morf_FLEXT_Lum | Hiperlordosis | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 3 (3,6%) | 0 (0%) |
| | Normal | 5 (71,4%) | 2 (66,7%) | 35 (58,3%) | 24 (55,8%) | 64 (77,1%) | 58 (71,6%) |
| | Hipercifosis | 2 (28,6%) | 1 (33,3%) | 25 (41,7%) | 19 (44,2%) | 16 (19,3%) | 23 (28,4%) |
| | Total | 7 (100%) | 3 (100%) | 60 (100%) | 43 (100%) | 83 (100%) | 81 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo en cada etapa y ciclo ($p \leq 0,039$).

4.3. MORFOTIPO SAGITAL INTEGRAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

En la tabla 20 se muestra el porcentaje de escolares según categorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal. Los resultados muestran como un 27,2% de los escolares tienen el morfotipo dentro de la normalidad, un 22,2% de los escolares presentan “hipercifosis funcional dorsal”, un 32,7% “hipercifosis dorsal”, un 0,6% “hipocifosis” y un 17,4% “cifosis hipomóvil”. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas ($X^2(9)= 17,826$; $p= 0,037$; $\eta^2= 0,108$; V de Cramer = $0,037$). Las niñas presentan mayor porcentaje de morfotipos normales (31,8% versus 22,2%) y los niños presentan mayor porcentaje de “cifosis hipomóvil” (19,6% versus 15,3%) e “hipercifosis” (34,8% versus 30,7%).

Tabla 20. Porcentajes y frecuencia de escolares según categorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal.

| Categorías | Niñas (n=176) | Niños (n=158) | Total (n=334) |
|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Normal* | 56* (31,8%) | 35 (22,2%) | 91 (27,2%) |
| Hipercifosis funcional dorsal | 37 (21%) | 37 (23,4%) | 74 (22,2%) |
| Hipercifosis* | 54 (30,7%) | 55* (34,8%) | 109 (32,7%) |
| Hipocifosis o actitud hipocifótica | 2 (0,6%) | | 2 (0,6%) |
| Cifosis Hipomóvil* | 27 (15,3%) | 31* (19,6%) | 58 (17,4%) |
| Segmento Rígido | | | |
| Lordosis torácica | | | |
| Total | 176 (100%) | 158 (100%) | 334 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p= 0,037$)

En la tabla 21 se muestra el porcentaje de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal. Los resultados muestran como dentro de la “hipercifosis funcional dorsal”, el mayor porcentaje de morfotipos se da en la “hipercifosis funcional estática” con un 9,9%, seguido del morfotipo de “hipercifosis funcional dinámica” con un 6,9% y de la “hipercifosis funcional total” con un 5,4%. A nivel de hipercifosis dorsales se observa que la subcategoría más frecuente es la “hipercifosis total” con un 17,1%, seguido de la “hipercifosis en posiciones estáticas” con un 10,2% y de la “hipercifosis en posición dinámica” con un 3,6%. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo se observan diferencias significativas ($X^2(9)= 17,826$;

$p= 0,037$; $\eta^2= 0,108$; V de Cramer= $0,037$), de tal forma que las niñas presentan mayor porcentaje de morfotipos “normales” (31,8% versus 22,2%) y los niños presentan mayor porcentaje de “cifosis hipomóvil” e “hipercifosis”. Además, dentro de la categoría de “Hipercifosis funcional dorsal” se observa cómo las niñas presentan un mayor porcentaje de la subcategoría “en dinámica” mientras que los niños presentan un mayor porcentaje de morfotipos de la subcategoría “Total”. Por otro lado, dentro de la categoría de “Hipercifosis” las niñas presentan mayor porcentaje de morfotipos de la subcategoría “en posiciones estáticas” y “en dinámica”, mientras que los niños presentan un mayor porcentaje de morfotipos de la subcategoría “Total”.

Tabla 21. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal.

| Categoría | Subcategoría | Niñas (n=176) | Niños (n=158) | Total (n=334) |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| Cifosis Normal | | 56* (31,8%) | 35 (22,2%) | 91 (27,2%) |
| Hipercifosis funcional dorsal* | En estática | 16 (9,1%) | 17 (10,8%) | 33 (9,9%) |
| | En dinámica | 16* (9,1%) | 7 (4,4%) | 23 (6,9%) |
| | Total | 5 (2,8%) | 13* (8,2%) | 18 (5,4%) |
| Hipercifosis* | Total | 23 (13,1%) | 34* (21,5%) | 57 (17,1%) |
| | En bipedestación | 3 (1,7%) | 3 (1,9%) | 6 (1,8%) |
| | En posiciones estáticas | 20* (11,4%) | 14 (8,9%) | 34 (10,2%) |
| | En dinámica | 8* (4,5%) | 4 (2,5%) | 12 (3,6%) |
| Hipocifosis o actitud hipocifótica | Dorso plano | | | |
| | En bipedestación | 2 (1,1%) | | 2 (0,5%) |
| | En posiciones estáticas | | | |
| | En dinámica | | | |
| Cifosis Hipomóvil | | 27 (15,3%) | 31* (19,6%) | 58 (17,4%) |
| Total | | 176 (100%) | 158 (100%) | 334 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p= 0,037$)

En la tabla 22 se muestra el porcentaje de escolares según categorías del morfotipo sagital para la curva lumbar. Tras el análisis de los resultados se observa como el 38,9% de los escolares tienen el morfotipo dentro de la normalidad. Mientras que el 46% de escolares presentan hiper cifosis funcional lumbar y el 9,5% actitud hiperlordótica.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo, se observan diferencias significativas ($\chi^2(7)= 33,780$; $p= 0,000$; $\eta^2= 0,111$; V de Cramer= $0,000$). En concreto, las niñas mayor porcentaje de normalidad (43,4% versus 34,1%) y mayor porcentaje del morfotipo "actitud hiperlordótica" (15,3% versus 3%), mientras que los niños presentan mayor porcentaje de "hipercifosis funcionales lumbares" (57,7% versus 35,3%).

Tabla 22. Porcentajes y frecuencia de escolares según categorías del "Morfotipo Sagital Integral" para la curva lumbar.

| Categorías | Niñas (n=150) | Niños (n=135) | Total (n=285) |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Normal | 65* (43,4%) | 46 (34,1%) | 111 (38,9%) |
| Lordosis hipomóvil | 2 (1,3%) | 4 (3%) | 6 (2,1%) |
| Actitud hiperlordótica | 23* (15,3%) | 4 (3%) | 27 (9,5%) |
| Hipercifosis funcional lumbar | 53 (35,3%) | 78* (57,7%) | 131 (46%) |
| Hipermovilidad lumbar | 6 (4,0%) | | 6 (2,1%) |
| Hipolordosis | | | |
| Hiperlordosis estructurada | | | |
| Cifosis lumbar estructurada | 1 (0,7%) | 3 (2,2%) | 4 (1,4%) |
| Total | 150 (100%) | 135 (100%) | 285 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p= 0,000$)

En la tabla 23, se muestra el porcentaje de escolares según subcategorías del "Morfotipo Sagital Integral" para la curva lumbar. Los resultados muestran como dentro de la hiper cifosis funcional lumbar, el mayor porcentaje de morfotipos se da en la "hipercifosis funcional total" con un 20%, seguido de la "hipercifosis funcional en estática" con un 18,6% y la "hipercifosis funcional en dinámica" con un 7,4%. A nivel de hipermovilidad lumbar se observa que solo hay casos en la subcategoría "hipermovilidad tipo 1" con un 2,1%.

Tabla 23. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar.

| Categoría | Subcategoría | Niñas (n=150) | Niños (n=135) | Total (n=285) |
|--------------------------------|---|------------------|------------------|------------------|
| Normal* | | 65* (43,4%) | 46 (34,1%) | 111 (38,9%) |
| Lordosis hipomóvil | Lordosis funcional o lordosis hipomóvil | 2 (1,3%) | 4 (3%) | 6 (2,1%) |
| | Hipomovilidad lumbar | | | |
| Actitud hiperlordótica* | | 23* (15,3%) | 4 (3%) | 27 (9,5%) |
| HiperCIFosis funcional lumbar* | En estática | 15 (10%) | 38* (28,1%) | 53 (18,6%) |
| | En dinámica | 11 (7,3%) | 10 (7,4%) | 21 (7,4%) |
| | Total | 27 (18,0%) | 30 (22,2%) | 57 (20,0%) |
| HiperMOVILIDAD lumbar | HiperMOVILIDAD 1 | 6 (4,0%) | 0 (0%) | 6 (2,1%) |
| | HiperMOVILIDAD 2 | | | |
| | HiperMOVILIDAD 3 | | | |
| Hipolordosis | Acitud hipolordótica | | | |
| | Cifosis lumbar 1 | | | |
| | Cifosis lumbar 2 | | | |
| | Cifosis lumbar 3 | | | |
| Hiperlordosis estructurada | | | | |
| Cifosis lumbar estructurada | | 1 (0,7%) | 3 (2,2%) | 4 (1,4%) |
| Total | | 150 (100%) | 135 (100%) | 285 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p=0,000$)

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo, sí se observan diferencias significativas ($X^2(7)=33,780$; $p=0,000$; $\eta^2=0,111$; V de Cramer= $0,000$). En concreto, las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (43,4% versus 34,1%) y un mayor porcentaje del morfotipo “actitud hiperlordótica” (15,3% versus 3%), mientras que los niños presentan mayor porcentaje de “hipercifosis funcionales lumbares” (57,7% versus 35,3%). Específicamente, dentro de esta última categoría los niños presentan un mayor porcentaje de “hipercifosis funcionales lumbares en estática” (28,1% versus 10%). Hay

que destacar, que para las niñas el morfotipo de mayor incidencia es la subcategoría “hipercifosis funcional lumbar total” y en los niños la subcategoría “hipercifosis funcional lumbar en estática”.

En la tabla 24, se muestra el porcentaje de escolares según subcategorías del Morfotipo Sagital Integral para la curva dorsal en función de la etapa y el ciclo.

Cuando se analizan estos resultados en función de la etapa y el ciclo se observan diferencias significativas ($X^2(18)= 46,684$; $p= 0,000$; $\eta^2= 0,220$; V de Cramer= $0,000$). En concreto, en la etapa de Infantil se observa un mayor porcentaje de “Hipercifosis en posiciones estáticas” y de “Cifosis hipomóvil”. En el 1º Ciclo de Primaria se observa el mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “normalidad” y un mayor porcentaje de morfotipos “Hipercifosis funcional dorsal”, mientras que en el 2º Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de morfotipos “Hipercifosis Totales”.

En la tabla 25, se muestra el porcentaje de escolares según subcategorías del morfotipo sagital integral para la curva lumbar en función de la etapa y el ciclo.

Cuando se analizan estos resultados en función de la etapa y el ciclo se observan diferencias significativas ($X^2(14)= 29,064$; $p=0,010$; $\eta^2= 0,149$; V de Cramer= $0,010$). En concreto, en la etapa de Infantil se observa un mayor porcentaje de “Lordosis hipomóvil” y de “Hipercifosis funcional lumbar en estática”. En el 1er Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Hipercifosis funcional lumbar en dinámica”, un mayor porcentaje de morfotipos “Hipercifosis funcional lumbar total” y un mayor porcentaje de morfotipos de “Hiper movilidad lumbar”, mientras que en el 2º Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” y de “Actitud Hiperlordótica”.

Tabla 24. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal en función de la etapa y ciclo.

| Categoría | Subcategoría | Infantil (n=19) | 1º Ciclo Primaria (n=129) | 2º Ciclo Primaria (n=186) | Total (n=334) |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| Cifosis Normal* | | 4 (21,1,8%) | 39 (30,2%)* | 48 (25,8%)* | 91 (27,2%) |
| HiperCIFOSIS funcional dorsal* | En estática | 1 (5,3%) | 17 (13,2%)* | 15 (8,1%) | 33 (9,9%) |
| | En dinámica | 1 (5,3%) | 4 (3,1%) | 18 (9,7%)* | 23 (6,9%) |
| | Total | | 2 (1,6%) | 16 (8,6%) | 18 (5,4%) |
| HiperCIFOSIS | Total | | 15 (11,6%) | 42 (22,6%)* | 57 (17,1%) |
| | En bipedestación | | 4 (3,1%) | 2 (1,1%) | 6 (1,8%) |
| | En posiciones estáticas | 4 (21,1%)* | 17 (13,2%) | 13 (7,0%) | 34 (10,2%) |
| | En dinámica | | 4 (3,1%) | 8 (4,3%) | 12 (3,6%) |
| Hipocifosis o actitud hipocifótica | Dorso plano | | | | |
| | En bipedestación | | 1 (0,8%) | 1 (0,5%) | 2 (0,5%) |
| | En posiciones estáticas | | | | |
| | En dinámica | | | | |
| Cifosis Hipomóvil* | | 9 (47,4%)* | 26 (20,2%) | 23 (12,4%) | 58 (17,4%) |
| Total | | 19 (100%) | 129 (100%) | 186 (100%) | 334 (100%) |

*Diferencias significativas en función de la etapa educativa y ciclo ($p= 0,000$)

Tabla 25. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfortipo Sagital Integral” para la curva lumbar en función de la etapa y ciclo.

| Categoría | Subcategoría | Infantil (n=20) | 1º Ciclo Primaria (n=101) | 2º Ciclo Primaria (n=164) | Total (n=285) |
|--------------------------------|---|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| Normal* | | 6 (30,0%) | 35 (34,7%) | 70 (42,7%)* | 111 (38,9%) |
| Lordosis hipomóvil* | Lordosis funcional o lordosis hipomóvil | 2 (10%)* | | 4 (2,4%) | 6 (2,1%) |
| | Hipomovilidad lumbar | | | | |
| Actitud hiperlordótica* | | 1 (5,0%) | 8 (7,9%) | 18 (11,0%)* | 27 (9,5%) |
| HiperCIFOSIS funcional lumbar* | En estática | 8 (40,0%)* | 14 (13,9%) | 31 (18,9%) | 53 (18,6%) |
| | En dinámica | | 11 (10,9%)* | 10 (6,1%) | 21 (7,4%) |
| | Total | 2 (10,0%) | 28 (27,7%)* | 27 (16,5%) | 57 (20,0%) |
| Hipermovilidad lumbar* | | | 3 (3,9%)* | 3 (1,8%) | 6 (2,1%) |
| Hipolordosis | | | | | |
| Hiperlordosis estructurada | | | | | |
| Cifosis lumbar estructurada | | 1 (5,0%) | 2 (2,0%) | 1 (0,6%) | 4 (1,4%) |
| Total | | 20 (100%) | 101 (100%) | 164 (100%) | 285 (100%) |

* Diferencias significativas en función de la etapa educativa y ciclo (p= 0,010)

En las tablas 26 y 27, se muestran los porcentajes de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal y lumbar en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

Cuando se analizan estos resultados en función de la etapa, ciclo y sexo solo se observan diferencias significativas en el Morfotipo Sagital Integral para la curva lumbar y para la etapa/ciclo de 2º Ciclo de Primaria ($\chi^2(7)=31,195$; $p=0,000$; $\eta^2=0,174$; V de Cramer= 0,000). En concreto, para las chicas se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” (47,5% versus 38,1%), de “Actitud Hiperlordótica” (21,3% versus 1,2%) y de “Hiper movilidad Lumbar” (3,8% versus 0%). Mientras que para los chicos se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la categoría de “Hiper cifosis Funcional Lumbar” (55,9% versus 26,3%).

Tabla 26. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

| Categoría | Subcategoría | Infantil (n=19) | | 1º Ciclo Primaria (n=129) | | 2º Ciclo Primaria (n=186) | | Total (n=334) | |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------|----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | Niñas (n=11) | Niños (n=8) | Niñas (n=73) | Niños (n=56) | Niñas (n=92) | Niños (n=94) | Niñas (n=176) | Niños (n=158) |
| Cifosis Normal | | 2 (18,2%) | 2 (25%) | 25 (34,2%) | 14 (25%) | 29 (31,5%) | 19 (20,2%) | 56 (31,8%) | 35 (22,2%) |
| HiperCIFosis funcional dorsal | En estática | 1 (9,1%) | 0 (0%) | 8 (11%) | 9 (16,1%) | 7 (7,6%) | 8 (8,5%) | 16 (9,1%) | 17 (10,8%) |
| | En dinámica | 1 (9,1%) | 0 (0%) | 4 (5,5%) | 0 (0%) | 11 (12,0%) | 7 (7,4%) | 16 (9,1%) | 7 (4,4%) |
| | Total | | | 1 (1,4%) | 1 (1,8%) | 4 (4,3%) | 12 (12,8%) | 5 (2,8%) | 13 (8,2%) |
| HiperCIFosis | Total | | | 7 (9,6%) | 8 (14,3%) | 16 (17,4%) | 26 (27,7%) | 23 (13,1%) | 34 (21,5%) |
| | En bipedestación | | | 3 (4,1%) | 1 (1,8%) | 0 (0%) | 2 (2,1%) | 3 (1,7%) | 3 (1,9%) |
| | En posiciones estáticas | 3 (27,3%) | 1 (12,5%) | 8 (11,0%) | 9 (16,1%) | 9 (9,8%) | 4 (4,3%) | 20 (11,4%) | 14 (8,9%) |
| | En dinámica | | | 3 (4,1%) | 1 (1,8%) | 5 (5,4%) | 3 (3,2%) | 8 (4,5%) | 4 (2,5%) |
| Hipocifosis o actitud hipocifótica | Dorso plano | | | | | | | | |
| | En bipedestación | | | 1 (1,4%) | 0 (0%) | 1 (1,1%) | 0 (0%) | 2 (1,1%) | 0 (0%) |
| | En posiciones estáticas | | | | | | | | |
| | En dinámica | | | | | | | | |
| Cifosis Hipomóvil | | 4 (36,4%) | 5 (62,5%) | 13 (17,8%) | 13 (23,2%) | 10 (10,9%) | 13 (13,8%) | 27 (15,3%) | 31 (19,6%) |
| Total | | 11 (100%) | 8 (100%) | 73 (100%) | 56 (100%) | 92 (100%) | 94 (100%) | 176 (100%) | 158 (100%) |

Tabla 27. Porcentajes y frecuencia de escolares según subcategorías del “Morfortipo Sagital Integral” para la curva lumbar en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

| Categoría | Subcategoría | Infantil (n=20) | | 1º Ciclo Primaria (n=101) | | 2º Ciclo Primaria (n=164) | | Total (n=285) | |
|-------------------------------|---|--------------------|----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|------------------|------------------|
| | | Niñas (n=11) | Niños (n=9) | Niñas (n=59) | Niños (n=42) | Niñas (n=80) | Niños (n=84) | Niñas (n=150) | Niños (n=135) |
| Normal | | 5 (45,5%) | 1 (11,1%) | 22 (37,3%) | 13 (31,0%) | 38 (47,5%)* | 32 (38,1%) | 65 (43,4%) | 46 (34,1%) |
| Lordosis hipomóvil | Lordosis funcional o lordosis hipomóvil | 1 (9,1%) | 1 (1,11%) | 0 (0%) | 0 (0%) | 1 (1,3%) | 3 (3,6%) | 2 (1,3%) | 4 (3%) |
| | Hipomovilidad lumbar | | | | | | | | |
| Actitud hiperlordótica* | | 0 (0%) | 1 (11,1%) | 6 (10,2%) | 2 (4,8%) | 17 (21,3%)* | 1 (1,2%) | 23 (15,3%) | 4 (3%) |
| Hipercifosis funcional lumbar | En estática | 3 (27,3%) | 5 (55,6%) | 5 (8,5%) | 9 (21,4%) | 7 (8,8%) | 24 (28,6%)* | 15 (10%) | 38 (28,1%) |
| | En dinámica | 0 (0%) | 0 (0%) | 7 (11,9%) | 4 (9,5%) | 4 (5,0%) | 6 (7,1%)* | 11 (7,3%) | 10 (7,4%) |
| | Total | 2 (18,2%) | 0 (0%) | 15 (25,4%) | 13 (31%) | 10 (12,5%) | 17 (20,2%)* | 27 (18,0%) | 30 (22,2%) |
| Hipermovilidad lumbar | | 0 (0%) | 0 (0%) | 3 (5,1%) | 0 (0%) | 3 (3,8%)* | 0 (0%) | 6 (4,0%) | 0 (0%) |
| Hipolordosis | | | | | | | | | |
| Hiperlordosis estructurada | | | | | | | | | |
| Cifosis lumbar estructurada | | 0 (0%) | 1 (11,1%) | 1 (1,7%) | 1 (2,4%) | 0 (0%) | 1 (1,2%)* | 1 (0,7%) | 3 (2,2%) |
| Total | | 11 (100%) | 9 (100%) | 59 (100%) | 42 (100%) | 80 (100%) | 84 (100%) | 150 (100%) | 135 (100%) |

* Diferencias significativas en función de la etapa educativa, ciclo y sexo (p= 0,000)

4.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

Los valores medios y desviación típica de la extensibilidad isquiosural valorada a través del test DD-P y del L-H fx se muestran en la tabla 28. Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se encuentran diferencias significativas en las dos variables.

Tabla 28. Valores descriptivos de la extensibilidad isquiosural valorada a través del DD-P y del L-H fx en función del sexo en escolares de 3 a 12 años.

| Variable | Niñas | Niños | Total | p valor |
|-------------------|-----------|-----------|------------|---------|
| DD-P (n=184) | 2,1±11,9 | -6,0±6,8 | -2,1±7,9 | ,000 |
| L-H fx (n=279) | 94,1±14,4 | 109,6±9,6 | 101,2±14,6 | ,000 |

En la tabla 29 se muestran los valores medios y desviación típica de extensibilidad isquiosural según curso escolar. Cuando se analizan las diferencias en función del curso se encuentran diferencias significativas en el test distancia dedos-planta.

Tabla 29. Valores descriptivos de la extensibilidad isquiosural valorada a través del DD-P y del L-H fx en función del curso en escolares de 3 a 12 años.

| Curso | DD-P (cm) | L-H fx (°) |
|--------------------------|----------------------------------|------------|
| 1º Infantil ^a | 7,0±2,6 ^{c,d,e,f,g,h,i} | 92,6±6,1 |
| 2º Infantil ^b | 6,3±3,5 ^{c,d,e,f,g,h,i} | 89,6±12,6 |
| 3º Infantil ^c | 1,2±6,8 ^{g,h,i} | 98,5±8,5 |
| 1º Primaria ^d | 1,8±5,9 ^{g,h,i} | 99,6±13,3 |
| 2º Primaria ^e | -0,8±9,3 | 105,6±10,1 |
| 3º Primaria ^f | -2,24±7,6 | 100,4±15,1 |
| 4º Primaria ^g | -5,5±6,1 | 101,5±14,6 |
| 5º Primaria ^h | -5,8±8,8 | 102,3±14,3 |
| 6º Primaria ⁱ | -5,2±8,4 | 102,3±16,9 |

^aDiferencias significativas con 1º Infantil; ^bDiferencias significativas con 2º Infantil; ^cDiferencias significativas con 3º Infantil; ^dDiferencias significativas con 1º Primaria; ^eDiferencias significativas con 2º Primaria; ^fDiferencias significativas con 3º Primaria; ^gDiferencias significativas con 4º Primaria; ^hDiferencias significativas con 5º Primaria; ⁱDiferencias significativas con 6º Primaria

En la tabla 30 se muestran los valores medios y desviación típica de la extensibilidad isquiosural según la etapa y ciclo. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en el test distancia dedos-planta y en el test L-H fx. Específicamente, en el test DD-P se encuentran diferencias entre Infantil y el 2º Ciclo de Primaria (4,5±5,2 vs -5,4±7,8; $p \leq 0,000$) y el 1er Ciclo de Primaria y el 2º Ciclo de Primaria (-0,39±7,4 vs -5,4±7,8; $p \leq 0,000$), mientras que en el test L-H fx se encuentran diferencias entre Infantil y el 2º Ciclo de Primaria (94,1±9,1 vs 102,1±15,21; $p \leq 0,000$).

Tabla 30. Valores descriptivos de la extensibilidad isquiosural valorada a través del DD-P y del L-H fx en función de la etapa/ciclo en escolares de 3 a 12 años.

| Curso | DD-P (cm) | L-H fx (°) |
|--------------------------------|------------------------|--------------------------|
| Infantil ^a | 4,5±5,2 ^c | 94,1±9,1 ^c |
| 1º Ciclo Primaria ^b | -0,39±7,4 ^c | 100,6±14,6 |
| 2º Ciclo Primaria ^c | -5,4±7,8 ^a | 102,1±15,21 ^a |

^a Diferencias significativas con Infantil; ^b Diferencias significativas con Primer Ciclo de Primaria; ^c Diferencias significativas con el Segundo Ciclo de Primaria

En la tabla 31 se muestran los valores medios y desviación típica del test distancia dedos-planta y del test lumbo horizontal en flexión en función del sexo y etapa/ciclo. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en ambos test en 1er ciclo y 2º ciclo de primaria.

Tabla 31. Valores descriptivos de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en función de la etapa escolar, ciclo y sexo de los escolares de 3 a 12 años.

| Variable | Infantil ^a | | 1º Ciclo Primaria ^b | | 2º Ciclo Primaria ^c | |
|------------|-----------------------|-----------|--------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| | Niñas | Niños | Niñas | Niños | Niñas | Niños |
| DD-P (cm) | 5,71±5,22 | 1,67±5,13 | 2,35±6,41* | -4,23±7,03* | -2,39±8,43* | -9,03±5,29* |
| L-H fx (°) | 92,5±8,7 | 97,6±10,9 | 94,2±13,1* | 109,5±9,6* | 94,1±15,7* | 110,1±9,4* |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p \leq 0,001$)

En la tabla 32 se muestran los porcentajes en función del grado de extensibilidad isquiosural cuantificada a través del test distancia dedos-planta. De forma global, se observan porcentajes bajos de normalidad (47,8%). Aunque cuando se analizan estos resultados en función del sexo, se observan diferencias significativas ($X^2(2)=32,145$; $p=0,000$; $\eta^2=0,270$; V de Cramer= 0,000). En concreto, las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (64,7% versus 9,8%), menor porcentaje de Grado I (26,6% versus 79,9%) y menor porcentaje de escolares con cortedad Grado II (8,7% versus 10,3%).

Tabla 32. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos-planta.

| DD-P | Niñas (n=105) | Niños (n=79) | Total (n=184) |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Normal (≥ -2 cm) | 68* (64,7%) | 20 (9,8%) | 88 (47,8%) |
| Grado I (-3 y -9 cm) | 28 (26,6%) | 38* (79,9%) | 66 (35,8%) |
| Grado II (≤ -10 cm) | 9 (8,7%) | 21* (10,3%) | 30 (16,4%) |
| Total | 105 (100%) | 79 (100%) | 184 (100%) |

*Diferencias significativas en función del sexo ($p \leq 0,001$)

En la tabla 33, se muestra el número de escolares según el valor obtenido en el test distancia dedos-planta en función de la etapa y el ciclo.

Tabla 33. Número de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test distancia dedos-planta en función de la etapa y el ciclo.

| Valor en el test DD-P (cm) | Infantil (n=10) | 1º Ciclo Primaria (n=103) | 2º Ciclo Primaria (n=71) | Total (n=184) |
|----------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------|
| -28,00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| -21,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| -20,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| -19,00 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| -17,00 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| -16,00 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| -15,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| -14,00 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| -13,00 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| -12,00 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| -11,00 | 0 | 2 | 1 | 3 |
| -10,00 | 0 | 3 | 5 | 8 |
| -9,00 | 0 | 2 | 6 | 8 |
| -8,00 | 0 | 3 | 3 | 6 |
| -7,00 | 0 | 3 | 5 | 8 |
| -6,00 | 0 | 5 | 4 | 9 |
| -5,00 | 0 | 10 | 2 | 12 |
| -4,00 | 1 | 7 | 4 | 12 |
| -3,00 | 1 | 4 | 6 | 11 |
| -2,00 | 0 | 4 | 4 | 8 |
| -1,00 | 0 | 7 | 3 | 10 |
| ,00 | 0 | 5 | 0 | 5 |
| 1,00 | 1 | 3 | 0 | 4 |
| 2,00 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 3,00 | 1 | 4 | 2 | 7 |
| 4,00 | 0 | 7 | 1 | 8 |
| 5,00 | 1 | 8 | 3 | 12 |
| 6,00 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 7,00 | 0 | 3 | 1 | 4 |
| 8,00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 9,00 | 0 | 5 | 1 | 6 |
| 10,00 | 2 | 2 | 0 | 4 |
| 11,00 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| 12,00 | 0 | 5 | 0 | 5 |
| 13,00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 15,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 21,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Total | 10 | 103 | 71 | 184 |

En la tabla 34, se muestra el porcentaje de escolares según extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada a través del test dedos-planta en función de la etapa y el ciclo.

Cuando se analizan estos resultados se observan diferencias significativas ($X^2(4)=18,815$; $p=0,001$; $\eta^2=0,208$; V de Cramer= $0,001$). En concreto, se observa como el porcentaje de escolares con valores dentro de la normalidad disminuye con el paso de los años, pasando del 80% en la etapa de Infantil al 28,3% en el 2º Ciclo de Primaria. Por el contrario, el número de escolares con cortedad aumenta con el paso de los años, pasando del 20% de escolares con cortedad Grado I en la etapa de Infantil al 42,2% en el 2º Ciclo de Primaria, y del 0% de escolares con cortedad Grado II en la etapa de Infantil al 29,5% en el 2º Ciclo de Primaria.

Tabla 34. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad isquiosural valorada con el test distancia dedos-planta según etapa/ciclo.

| DD-P | Infantil (n=10) | 1º Ciclo Primaria (n=103) | 2º Ciclo Primaria (n=71) | Total (n=184) |
|---------------------------------|----------------------------|--|---|--------------------------|
| Normal (≥ -2 cm) | 8 (80%) | 60 (58,3%) | 20 (28,3%) | 88 (47,8%) |
| Grado I (-3 y -9 cm) | 2 (20%) | 34 (33%) | 30 (42,2%) | 66 (35,8%) |
| Grado II (≤ -10 cm) | 0 (0%) | 9 (8,7%) | 21 (29,5%) | 30 (16,4%) |
| Total | 10 (100%) | 103 (100%) | 71 (100%) | 184 (100%) |

En la tabla 35 se muestran los valores medios y desviación típica del test distancia dedos-planta en función de la presencia o no de cortedad de la musculatura isquiosural, según etapa/ciclo y diferenciando por sexos. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en los valores medios cuando se comparan en función de las diferentes categorías.

Tabla 35. Valores medios y desviación típica según grado de extensibilidad isquiosural en el test DD-P en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

| Categoría | Infantil (n=10) | | 1º Ciclo Primaria (n=103) | | 2º Ciclo Primaria (n=71) | |
|----------------------|--------------------|------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------|
| | Niñas (n=7) | Niños (n=9) | Niñas (n=60) | Niños (n=43) | Niñas (n=38) | Niños (n=33) |
| Normal | 7,17 \pm 3,87* | 4,50 \pm 2,12* | 5,04 \pm 4,72* | 2,93 \pm 3,17* | 5,06 \pm 5,88* | -2,01 \pm 0,48* |
| Cortedad Grado I | -3,00* | -4,00* | -5,0 \pm 1,36* | -5,65 \pm 1,87* | -5,77 \pm 2,17* | -6,24 \pm 2,31* |
| Cortedad Grado II | 0 | 0 | -16,00* | -14,13 \pm 6,27* | -12,75 \pm 3,15* | -14,31 \pm 3,75* |

* Diferencias significativas en función de la etapa educativa, ciclo y sexo (p= 0,000)

En la tabla 36 se muestran los porcentajes en el test distancia dedos-planta en función de la presencia o no de cortedad de la musculatura isquiosural, sexo y etapa/ciclo. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en todas las etapas/ciclos tanto en niñas como en niños.

Tabla 36. Porcentajes y frecuencia de escolares en el test DD-P según grado de extensibilidad isquiosural en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

| Categoría | Infantil (n=10) | | 1º Ciclo Primaria (n=103) | | 2º Ciclo Primaria (n=71) | | Total (n=184) | |
|-------------------|--------------------|----------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Niñas (n=7) | Niños (n=9) | Niñas (n=60) | Niños (n=43) | Niñas (n=38) | Niños (n=33) | Niñas (n=105) | Niños (n=79) |
| Normal | 6 (85,7%)* | 2 (66,7%)* | 45 (75%) | 15 (34,9%) | 17 (44,7%)* | 3 (9,1%)* | 68 (64,7%) | 20 (25,3%) |
| Cortedad Grado I | 1 (14,3%) | 1 (33,3%) | 14 (23,3%)* | 20 (46,5%)* | 13 (34,2%)* | 17 (51,5%) | 28 (26,6%) | 38 (48,1%) |
| Cortedad Grado II | 0 | | 1 (1,7%) | 8 (18,6%)* | 8 (21,1%)* | 13 (39,4%)* | 9 (8,7%) | 21 (26,6) |
| Total | 7 (100%) | 3 (100%) | 60 (100%) | 43 (100%) | 38 (100%) | 33 (100%) | 105 (100%) | 79 (100%) |

* Diferencias significativas en función de la etapa educativa, ciclo y sexo (p= 0,000)

En la tabla 37 se muestran los porcentajes en función del grado de extensibilidad isquiosural cuantificada a través del test L-H fx. De forma global, se observan porcentajes bajos de normalidad con tan solo un 45,8%, y el 54,2% de escolares presentan cortedad, de los que el 35,1% son Grado I y el 18,9% de Grado II.

Cuando se analizan estos resultados en función del sexo, se observan diferencias significativas ($\chi^2(2) = 75,637$; $p = 0,000$; $\eta^2 = 0,423$; V de Cramer = 0,000). En concreto, las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (67,5% versus 20,3%), un menor porcentaje de Cortedad Grado I (27,8% versus 43,7%) y un menor porcentaje de Cortedad Grado II (4,7% versus 36%).

Tabla 37. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada con el test L-H fx.

| L-H fx | Niñas (n=151) | Niños (n=128) | Total (n=279) |
|---|------------------|------------------|------------------|
| Normal ($\leq 100^\circ$) | 102 (67,5%) | 26 (20,3%) | 128 (45,8%) |
| Grado I (101° y 114° cm) | 42 (27,8%) | 56 (43,7%) | 98 (35,1%) |
| Grado II ($\geq 115^\circ$) | 7 (4,7%) | 46 (36%) | 53 (18,9%) |
| Total | 151 (100%) | 128 (100%) | 279 (100%) |

* Diferencias significativas en función del sexo ($p = 0,000$)

En la tabla 38, se muestra el número de escolares según el valor obtenido en el test L-H fx en función de la etapa y el ciclo.

Tabla 38. Número de casos en función del valor obtenido con el test L-H fx en función de la etapa y el ciclo.

| Valor en el test L-H fx (°) | Infantil (n=10) | 1º Ciclo Primaria (n=103) | 2º Ciclo Primaria (n=166) | Total (n=279) |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| 50,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 57,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 60,00 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 66,00 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 70,00 | 0 | 2 | 4 | 6 |
| 73,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 75,00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 76,00 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 77,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 78,00 | 0 | 2 | 3 | 5 |
| 80,00 | 1 | 2 | 4 | 7 |
| 82,00 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 83,00 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| 84,00 | 0 | 1 | 4 | 5 |
| 85,00 | 1 | 0 | 3 | 4 |
| 86,00 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| 87,00 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 88,00 | 0 | 4 | 3 | 7 |
| 90,00 | 0 | 5 | 9 | 14 |
| 92,00 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 94,00 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 95,00 | 0 | 3 | 3 | 6 |
| 96,00 | 0 | 3 | 5 | 8 |
| 97,00 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 98,00 | 1 | 0 | 3 | 4 |
| 99,00 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 100,00 | 1 | 9 | 14 | 24 |
| 101,00 | 0 | 2 | 1 | 3 |
| 102,00 | 0 | 4 | 3 | 7 |
| 103,00 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 104,00 | 3 | 5 | 6 | 14 |
| 105,00 | 0 | 3 | 2 | 5 |
| 106,00 | 0 | 8 | 6 | 14 |
| 107,00 | 0 | 2 | 1 | 3 |
| 108,00 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 109,00 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 110,00 | 0 | 10 | 14 | 24 |
| 111,00 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 112,00 | 0 | 3 | 11 | 14 |
| 113,00 | 0 | 2 | 2 | 4 |

Tabla 38. Número de casos en función del valor obtenido con el test L-H fx en función de la etapa y el ciclo.

| Valor en el test L-H fx (°) | Infantil (n=10) | 1º Ciclo Primaria (n=103) | 2º Ciclo Primaria (n=166) | Total (n=279) |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| 114,00 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 115,00 | 0 | 1 | 9 | 10 |
| 116,00 | 0 | 4 | 4 | 8 |
| 117,00 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| 118,00 | 0 | 2 | 1 | 3 |
| 120,00 | 0 | 3 | 3 | 6 |
| 121,00 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| 122,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 123,00 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| 124,00 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 125,00 | 0 | 1 | 3 | 4 |
| 127,00 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 130,00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 132,00 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Total | 10 | 103 | 166 | 279 |

En la tabla 39, se muestra el porcentaje de escolares según extensibilidad de la musculatura isquiosural valorada a través del test L-H fx en función de la etapa y el ciclo.

Cuando se analizan estos resultados se observan diferencias significativas ($X^2(4)=100,929$; $p=0,013$; $\eta^2=0,024$; V de Cramer= $0,000$). En concreto, en la etapa de Infantil se observa un gran porcentaje de escolares con “Normalidad” (70%) y ningún escolar con cortedad “Grado II”. Mientras que en 1er y 2º Ciclo de Primaria disminuyen los porcentajes de escolares dentro de la “Normalidad” (46,6% y 43,9% respectivamente) y aumentan los casos de cortedad, aumentando de forma significativa los casos de cortedad “Grado II”.

Tabla 39. Porcentajes y frecuencia de casos en función del grado de extensibilidad isquiosural valorada con el test L-H fx según etapa/ciclo.

| L-H fx | Infantil (n=10) | 1º Ciclo Primaria (n=103) | 2º Ciclo Primaria (n=166) | Total (n=279) |
|---|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Normal ($\leq 100^\circ$) | 7* (70%) | 48 (46,6%) | 73 (43,9%) | 128 (45,8%) |
| Grado I (101º y 114º cm) | 3 (30%) | 39 (37,8%) | 56 (33,7%) | 98 (35,1%) |
| Grado II ($\geq 115^\circ$) | | 16* (15,6%) | 37* (22,4%) | 53 (19,1%) |
| Total | 10 (100%) | 103 (100%) | 166 (100%) | 279 (100%) |

* Diferencias significativas en función de la etapa/ciclo (p= 0,000)

En la tabla 40 se muestran los valores medios y desviación típica del test L-H fx en función de la presencia o no de cortedad de la musculatura isquiosural, sexo y etapa/ciclo. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en todas las etapas/ciclos tanto en niñas como en niños.

Tabla 40. Valores medios y desviación típica de extensibilidad isquiosural en el test L-H fx en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

| L-H fx (°) | Infantil (n=10) | | 1º Ciclo Primaria (n=103) | | 2º Ciclo Primaria (n=166) | |
|----------------------|--------------------|----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
| | Niñas (n=7) | Niños (n=3) | Niñas (n=60) | Niños (n=43) | Niñas (n=84) | Niños (n=82) |
| Normal | 90,67±7,87 | 85* | 87,35±10,04* | 94,75±5,37* | 85,95±12,14* | 96,59±4,86* |
| Cortedad Grado I | 104* | 104* | 106,33±2,85* | 108,48±3,71* | 108,48±3,65* | 108,21±3,31* |
| Cortedad Grado II | 0 | 0 | 122,00±2,83* | 119,64±4,53* | 120,40±5,50* | 119,22±4,25* |

* Diferencias significativas en función de la etapa educativa, ciclo y sexo (p= 0,000)

En la tabla 41 se muestran los porcentajes en el test L-H fx en función de la presencia o no de cortedad de la musculatura isquiosural, sexo y etapa/ciclo. El análisis de los resultados muestra diferencias significativas en todas las etapas/ciclos tanto en niñas como en niños.

Tabla 41. Porcentajes y frecuencia de escolares según grado de extensibilidad isquiosural en el test L-H fx en función de la etapa, el ciclo y el sexo.

| Etapa/Ciclo | Infantil (n=10) | | 1º Ciclo Primaria (n=103) | | 2º Ciclo Primaria (n=166) | | Total (n=279) | |
|-------------------|--------------------|----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | Niñas (n=7) | Niños (n=3) | Niñas (n=60) | Niños (n=43) | Niñas (n=84) | Niños (n=82) | Niñas (n=151) | Niños (n=128) |
| Normal | 6 (85,7%) | 1 (33,3%) | 40 (66,7%) | 8 (18,6%) | 56 (66,7%)* | 17 (20,7%) | 102 (67,5%) | 26 (20,3%) |
| Cortedad Grado I | 1 (14,3%) | 2 (66,7%) | 18 (30%) | 21 (48,8%) | 23 (27,4%)* | 33 (40,2%) | 42 (27,8%) | 56 (43,7%) |
| Cortedad Grado II | 0 | | 2 (3,3%) | 14 (32,6%) | 5 (6%) | 32 (39%) | 7 (4,7%) | 46 (36%) |
| Total | 7 (100%) | 3 (100%) | 60 (100%) | 43 (100%) | 84 (100%) | 82 (100%) | 151 (100%) | 128 (100%) |

* Diferencias significativas en función de la etapa educativa, ciclo y sexo (p= 0,000)

4.5. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL

Los valores medios y desviación típica del plano sagital de la columna vertebral y de la disposición de la pelvis se muestran en la tabla 42. Cuando se analizan las diferencias en función del sexo se encuentran diferencias significativas en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación. De igual manera, se observan diferencias entre niños y niñas en la disposición de la pelvis en las tres posiciones analizadas.

Tabla 42. Valores descriptivos del plano sagital de la columna vertebral y la pelvis en función del sexo en escolares de 3 a 13 años.

| Variable | Niñas | Niños | Total | p valor |
|------------------------|-----------|------------|------------|---------|
| BIP_Dorsal (°) | 39,2±9,3 | 40,2±8,4 | 39,7±8,8 | 0,255 |
| BIP_Lumbar (°) | -33,8±8,2 | -30,5±7,8 | -32,2±8,2 | 0,000 |
| SED_Dorsal (°) | 39,6±11,4 | 44,3±10,8 | 41,9±11,3 | 0,000 |
| SED_Lumbar (°) | 9,2±12,9 | 14,9±9,4 | 12,0±11,7 | 0,000 |
| FLXT_Dorsal (°) | 61,4±11,0 | 65±9,6 | 63,0±10,5 | 0,000 |
| FLXT_Lumbar (°) | 27,3±10,1 | 29,7±6,9 | 28,4±8,9 | 0,010 |
| BIP Sacro-Vertical (°) | 20,1±6,6 | 17,1±6,4 | 18,7±6,7 | 0,000 |
| L-H SA (°) | 99,2±11,8 | 110,4±71,9 | 102,2±12,0 | 0,000 |
| L-H fx (°) | 94,1±14,4 | 109,6±9,6 | 101,2±14,6 | 0,000 |
| DD-P (cm) | 2,1±11,9 | -6,0±6,8 | -2,1±7,9 | 0,000 |

Para analizar los factores de riesgo que predisponen a la desalineación raquídea se dicotomizaron las diferentes curvaturas sagitales del raquis dorsal y lumbar en dos categorías (normal versus incrementada). En la tabla 43 se muestran los puntos de corte que establecen ambas categorías.

Tabla 43. Puntos de corte que establecen las categorías normal e incrementada en las diferentes curvaturas sagitales del raquis.

| Variable | Categorización | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo | N | Punto de corte Cut_off |
|-----------------|----------------|--------|---------------------|--------|--------|-----|---------------------------|
| BIP_Dorsal (°) | Normal | 34,98 | 5,70 | 13,00 | 42,00 | 284 | 42,5° |
| | Incrementado | 49,52 | 5,66 | 43,00 | 72,00 | 138 | |
| BIP_Lumbar (°) | Incrementado | -39,47 | 5,74 | -33,00 | -65,00 | 190 | -32,5° |
| | Normal | -26,40 | 4,30 | -6,00 | -32,00 | 232 | |
| SED_Dorsal (°) | Normal | 33,07 | 6,83 | 15,00 | 42,00 | 220 | 42,5° |
| | Incrementado | 51,61 | 6,36 | 43,00 | 72,00 | 202 | |
| SED_Lumbar (°) | Normal | -8,03 | 6,97 | -25,00 | ,00 | 72 | 1° |
| | Incrementado | 16,16 | 7,52 | 2,00 | 56,00 | 350 | |
| FLXT_Dorsal (°) | Normal | 50,43 | 5,44 | 36,00 | 58,00 | 84 | 59° |
| | Incrementado | 68,58 | 6,84 | 60,00 | 90,00 | 193 | |
| FLXT_Lumbar (°) | Incrementado | 34,69 | 6,49 | 28,00 | 65,00 | 147 | 27,5° |
| | normal | 21,39 | 5,25 | -8,00 | 27,00 | 130 | |

Tras el análisis de regresión logística binaria y el método ENTER se identificaron las variables asociadas a las desalineaciones sagitales de la columna vertebral.

Para la curva dorsal en bipedestación se encontró como variable asociada el IMC (tabla 44). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,004$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,091 y 0,126 de la desalineación sagital en la curva dorsal en bipedestación, y clasificando correctamente el 66,3% de los casos.

Para la curva lumbar en bipedestación se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en bipedestación (BIP Sacro-Vertical) (tabla 44). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,264 y 0,353 de la desalineación sagital en la curva lumbar en bipedestación, y clasificando correctamente el 75% de los casos.

Para la curva dorsal en sedentación se encontraron como variables asociadas el IMC y la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA) (tabla 44). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,184 y 0,246 de la desalineación sagital en la curva dorsal en sedentación, y clasificando correctamente el 70,7% de los casos.

Para la curva lumbar en sedentación se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA) (tabla 44). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,254 y 0,480 de la desalineación sagital en la curva lumbar en sedentación, y clasificando correctamente el 90,2% de los casos.

Para la curva dorsal en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la EDAD y el test distancia dedos-planta (DD-P) (tabla 44). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,314 y 0,429 de la desalineación sagital en la curva dorsal en flexión del tronco, y clasificando correctamente el 78,8% de los casos.

Para la curva lumbar en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la EDAD, IMC, la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA), la disposición de la pelvis en flexión del tronco (L-H fx) y el test distancia dedos-planta (DD-P) (tabla 44). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,357 y 0,477 de la

desalineación sagital en la curva lumbar en flexión del tronco, y clasificando correctamente el 72,2% de los casos.

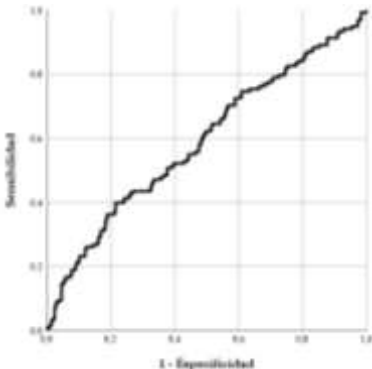
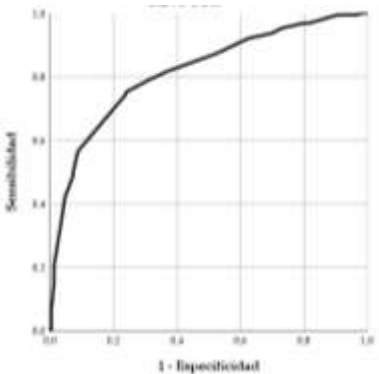
Tabla 44. Resultados de la regresión logística para los factores de riesgo asociados a las desalineaciones sagitales del raquis.

| Variable Dependiente | Factores de Riesgo | OR ¹ | Error estándar | 95% IC | p-value |
|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------|
| BIP_Dorsal (°) | IMC | 1,155 (Pequeño) | 0,050 | 1,046 a 1,275 | 0,004 |
| BIP_Lumbar (°) | BIP Sacro-Vertical | 0,849 (Pobre) | 0,034 | 0,794 a 0,908 | 0,000 |
| SED_Dorsal (°) | IMC | 1,105 (Pequeño) | 0,050 | 1,003 a 1,218 | 0,043 |
| | L-H SA | 1,116 (Pequeño) | 0,025 | 1,063 a 1,172 | 0,000 |
| SED_Lumbar (°) | L-H SA | 1,159 (Pequeño) | 0,041 | 1,069 a 1,257 | 0,000 |
| FLXT_Dorsal (°) | EDAD | 1,421 (Medio) | 0,115 | 1,135 a 1,779 | 0,002 |
| | DD-P | 0,862 (Pobre) | 0,053 | 0,777 a 0,957 | 0,005 |
| FLXT_Lumbar (°) | EDAD | 0,729 (Pobre) | 0,111 | 0,586 a 0,905 | 0,004 |
| | IMC | 1,148 (Pequeño) | 0,061 | 1,020 a 1,293 | 0,023 |
| | L-H SA | 0,922 (Pobre) | 0,027 | 0,874 a 0,972 | 0,002 |
| | L-H fx | 0,8900 (Pobre) | 0,033 | 0,835 a 0,949 | 0,000 |
| | DD-P | 0,802 (Pobre) | 0,057 | 0,718 a 0,897 | 0,000 |

BIP: Bipedestación; SED: Sedentación; FLXT: Flexión del Tronco; IMC: Índice de Masa Corporal; ES: Error Estándar; IC: Intervalo de Confianza. ¹OR: Odds Ratio (riesgo relativo); OR < 1: predictor pobre; OR de 1 a 1.25: predictor pequeño; OR de 1.25 a 2: predictor medio; OR ≥ 2: predictor grande.

En la tabla 45 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en bipedestación. Para la curva dorsal, los escolares que presentan IMC > 20,2 presentan una probabilidad del 59,1% de sufrir una desalineación sagital. Mientras que para la curva lumbar, los escolares que tienen valores > 18,5° en BIP del ángulo SACRO-VERTICAL presentan una probabilidad del 81,7% de sufrir una desalineación sagital.

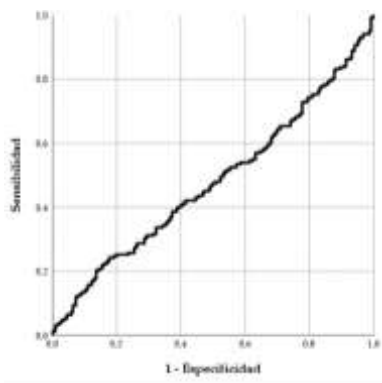
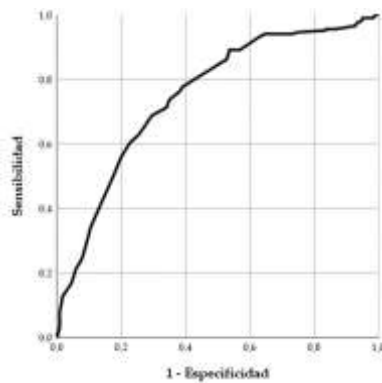
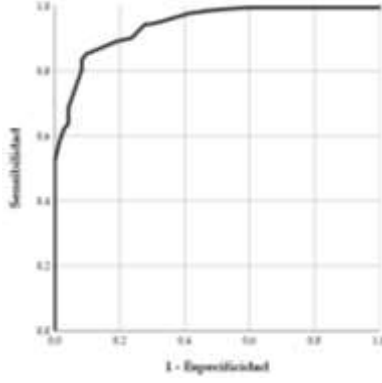
Tabla 45. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en bipedestación.

| Curvatura | Factores de Riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|------------|--------------------|--|---|
| BIP_Dorsal | IMC |  | > 20,2 kg/m ² ABC: 0,591 p= 0,002 S: 0,399; E:0,215 Índice de Youden: 0,184 |
| BIP_Lumbar | BIP SACRO-VERTICAL |  | > 18,5° ABC: 0,817 p= 0,000 S: 0,753; E:0,241 Índice de Youden: 0,512 |

En la tabla 46 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en sedentación. Para la curva dorsal, los escolares que presentan valores por encima de 16,2 para el IMC, presentan una probabilidad del 75% de sufrir una desalineación sagital. Además, los escolares que presentan valores por encima de 104,5° en el ángulo LH-SA presentan una probabilidad del 46,0% de sufrir una desalineación sagital.

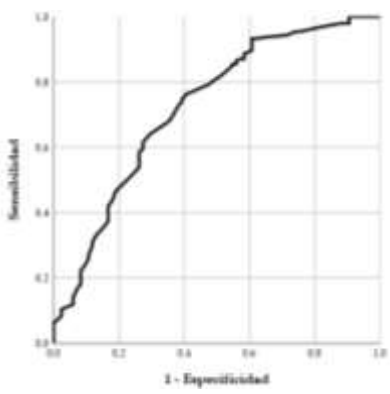
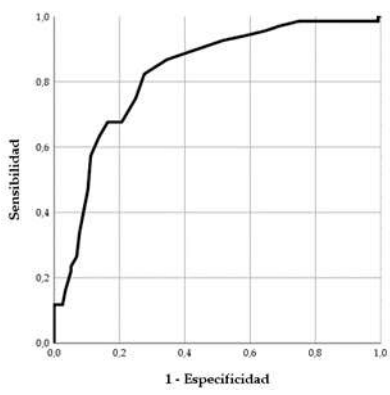
Para la curva lumbar, los escolares que tienen valores por encima de $96,5^\circ$ en el ángulo LH-SA presentan una probabilidad del 94% de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 46. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en sedentación.

| Curvatura | Factores de Riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|------------|--------------------|--|--|
| SED_Dorsal | IMC |  | <p>> 16,2 kg/m² ABC: 0,750 p=0,460 S: 0,653; E:0,741 Índice de Youden: -0,088</p> |
| SED_Dorsal | L-H SA |  | <p>> 104,5° ABC: 0,460 p=0,000 S: 0,688; E:0,295 Índice de Youden: -0,393</p> |
| SED_Lumbar | L-H SA |  | <p>> 96,5° ABC: 0,940 p=0,000 S: 0,851; E:0,097 Índice de Youden: -0,754</p> |

En las tablas 47 y 48 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en flexión del tronco. Para la curva dorsal, los escolares mayores de 9 años presentan una probabilidad del 72,3% de sufrir una desalineación sagital. Además, los escolares que tienen valores menores de -2,5 cm en el test Distancia Dedos-Planta presentan una probabilidad del 82,4% de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 47. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para la curva dorsal en flexión del tronco.

| Curvatura | Factores de Riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|-------------|--------------------|--|--|
| FLXT_Dorsal | Edad |  | <p>> 9 años ABC: 0,723 p=0,000 S: 0,762; E:0,405 Índice de Youden: -0,357</p> |
| FLXT_Dorsal | DD-P |  | <p>< -2,5 cm ABC: 0,824 p=0,000 S: 0,824; E:0,276 Índice de Youden: -0,548</p> |

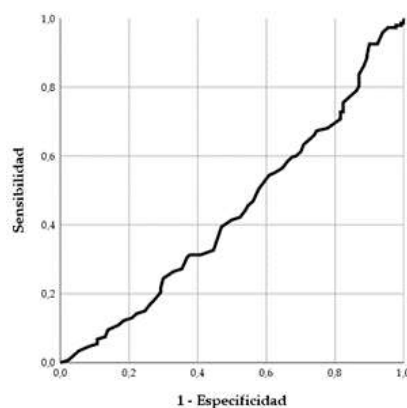
Para la curva lumbar en flexión del tronco, los escolares menores a 10,1 años presentan una probabilidad del 43,7% de sufrir una desalineación sagital. Además, los escolares con valores mayores de 18,4 para el IMC presentan una probabilidad del 72,4% de sufrir una desalineación sagital. Por otro lado, aquellos escolares que tienen valores mayores a 104,5° en el ángulo L-H fx y a 98,5° en el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 77,5% y del 62,6% respectivamente, de sufrir una desalineación sagital.

Por último, los escolares que tienen valores menores de -7,5 cm en el test Distancia Dedos-Planta presentan una probabilidad del 52,2% de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 48. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para la curva lumbar en flexión del tronco.

FLXT_Lumbar

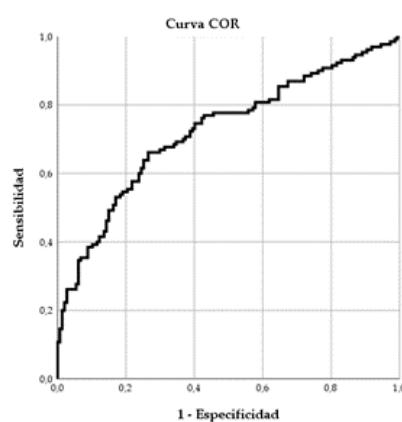
Edad



< 10,1 años
ABC: 0,437
p=0,072
S: 0,327; E:0,446
Indice de Youden:
-0,119

FLXT_Lumbar

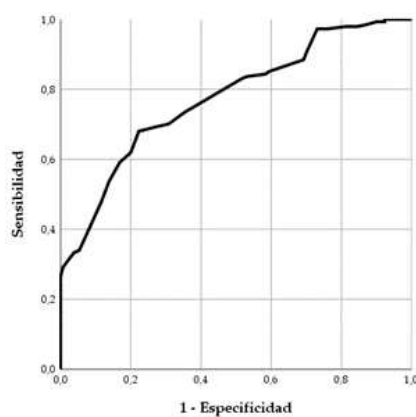
IMC



> 18,4 kg/m²
ABC: 0,724
p=0,000
S: 0,662; E:0,265
Indice de Youden:
0,397

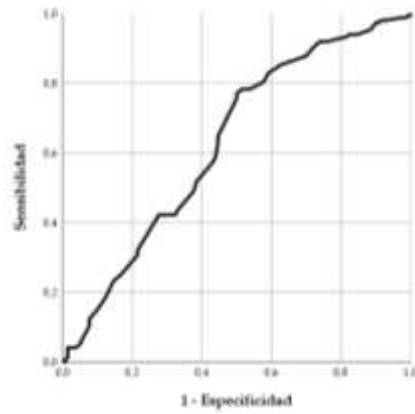
FLXT_Lumbar

L-H fx



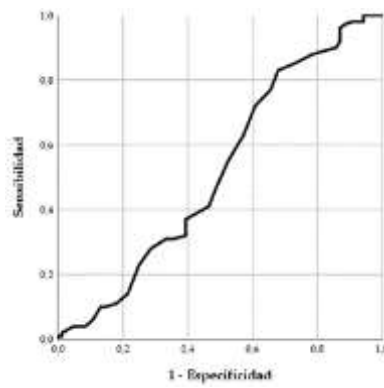
> 104,5°
ABC: 0,775
p=0,000
S: 0,680; E:0,223
Indice de Youden:
0,457

FLXT_Lumbar L-H SA



> 98,5°
ABC: 0,626
p=0,000
S: 0,769; E:0,500
Indice de Youden:
0,269

FLXT_Lumbar DD-P



< -7,5 cm
ABC: 0,522
p=0,609
S: 0,830; E:0,679
Indice de Youden:
-0,151

4.5.1. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN LOS NIÑOS

Tras el análisis de regresión logística binaria y el método ENTER se identificaron las variables asociadas a las desalineaciones sagitales de la columna vertebral.

Para la curva dorsal en bipedestación se encontró como variable asociada la edad, el IMC y el DD-P (tabla 49). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,004$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,214 (R cuadrado de Cox y Snell) y 0,291 (R cuadrado de Nagelkerke) de la desalineación sagital en la curva dorsal en bipedestación, y clasificando correctamente el 68,4% de los casos.

Para la curva lumbar en bipedestación se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en bipedestación (BIP Sacro-Vertical) (tabla 49). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,009$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,194 y 0,263 de la desalineación sagital en la curva lumbar en bipedestación, y clasificando correctamente el 67,1% de los casos.

Para la curva dorsal en sedentación se encontraron como variable asociada la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA) (tabla 49). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,184 y 0,246 de la desalineación sagital en la curva dorsal en sedentación, y clasificando correctamente el 70,7% de los casos.

Para la curva dorsal en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la BIP Sacro-Vertical y el test distancia dedos-planta (DD-P) (tabla 49). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,332 y 0,485 de la desalineación sagital en la curva dorsal en flexión del tronco, y clasificando correctamente el 83,5% de los casos.

Para la curva lumbar en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas el IMC y el test distancia dedos-planta (DD-P) (tabla 49). La prueba de ómnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,299 y 0,407 de la desalineación sagital en la curva lumbar en flexión del tronco, y clasificando correctamente el 78,5% de los casos.

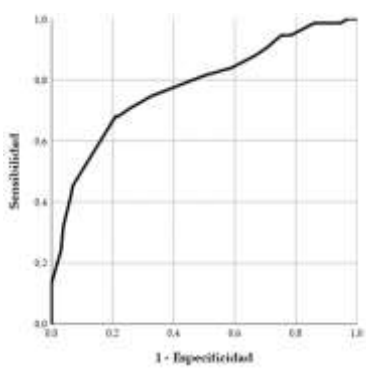
Tabla 49. Resultados de la regresión logística para los factores de riesgo asociados a las desalineaciones sagitales del raquis para los niños.

| Variable Dependiente | Factores de Riesgo | OR ¹ | Error estándar | 95% IC | p-value |
|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------|
| BIP_Dorsal (°) | Edad | 1,533 (medio) | 0,194 | 1,049 a 2,241 | 0,027 |
| | IMC | 1,296 (medio) | 0,102 | 1,061 a 1,583 | 0,011 |
| | DD-P | 1,184 (pequeño) | 0,078 | 1,015 a 1,380 | 0,031 |
| BIP_Lumbar (°) | BIP Sacro-Vertical | 1,153 (pequeño) | 0,055 | 0,778 a 0,965 | 0,009 |
| SED_Dorsal (°) | L-H SA | 1,267 (medio) | 0,056 | 1,134 a 1,415 | 0,000 |
| FLXT_Dorsal (°) | BIP Sacro-Vertical | 1,166 (pequeño) | 0,700 | 1,016 a 1,337 | 0,028 |
| | DD-P | 1,222 (pequeño) | 0,098 | 0,675 a 0,991 | 0,040 |
| FLXT_Lumbar (°) | IMC | 1,202 (pequeño) | 0,960 | 0,997 a 1,449 | 0,049 |
| | DD-P | 1,270 (medio) | 0,080 | 0,673 a 0,920 | 0,003 |

BIP: Bipedestación; SED: Sedentación; FLXT: Flexión del Tronco; IMC: Índice de Masa Corporal; ES: Error Estándar; IC: Intervalo de Confianza. ¹ OR: Odds Ratio (riesgo relativo); OR < 1: predictor pobre; OR de 1 a 1.25: predictor pequeño; OR de 1.25 a 2: predictor medio; OR ≥ 2: predictor grande.

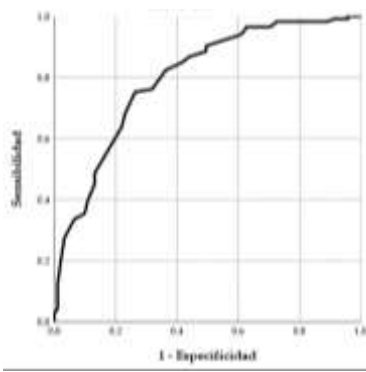
En la tabla 50 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en bipedestación. Para la curva dorsal, no se encuentran una discriminación significativa para calcular el punto de corte óptimo. Mientras que, para la curva lumbar, los chicos que tienen valores por encima de 20° en BIP SACRO-VERTICAL presentan una probabilidad del 77,9% de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 50. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en bipedestación para los niños.

| Curvatura | Factores de riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|------------|--------------------|--|---|
| BIP-lumbar | BIP Sacro-Vertical |  | <p>> 20° ABC = 0,779 p = 0,000 S = 0,680; E = 0,209 Índice de Youden = 0,471</p> |

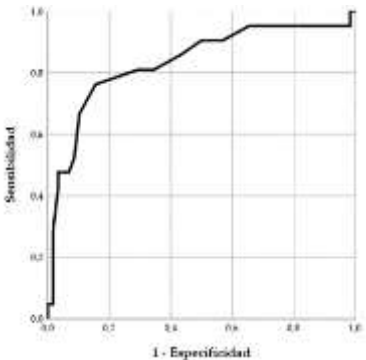
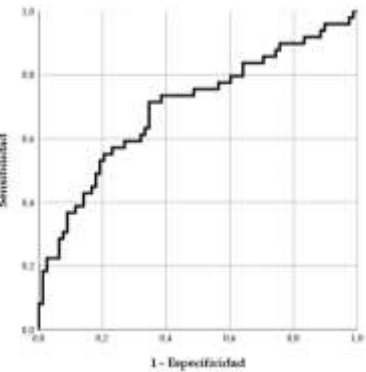
En la tabla 51 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en sedentación. Para la curva dorsal, los chicos que presentan valores por encima de 107° para el ángulo L-H SA en sedentación presentan una probabilidad del 79,8% de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 51. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en sedentación para los niños.

| Curvatura | Factores de riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|------------|--------------------|--|---|
| SED_Dorsal | L-H SA |  | <p>> 107° ABC = 0,798 p = 0,000 S: 0,752; E: 0,264 Índice de Youden: 0,488</p> |

En la tabla 52 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en flexión del tronco. Para la curva dorsal, los escolares que presentan valores por debajo de -4 cm para el DD-P presentan una probabilidad del 83,4% de sufrir una desalineación sagital. Mientras que, para la curva lumbar, los escolares que tienen valores por debajo de 17 para el IMC presentan una probabilidad del 70,1% de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 52. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en flexión del tronco para los niños.

| Curvatura | Factores de riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|-------------|--------------------|--|---|
| FLXT_Dorsal | DD-P |  | <p>< -4 cm ABC = 0,834 p = 0,000 S = 0,762; E = 0,155 Índice de Youden = 0,607</p> |
| FLXT_Lumbar | IMC |  | <p>< 17 kg/m² ABC = 0,700 p = 0,000 S = 0,714; E = 0,346 Índice de Youden = 0,368</p> |

4.5.2. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN LAS NIÑAS.

Tras el análisis de regresión logística binaria y el método ENTER se identificaron las variables asociadas a las desalineaciones sagitales de la columna vertebral.

Para la curva lumbar en bipedestación se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en bipedestación (BIP Sacro-Vertical) (tabla 53). La prueba de omnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,335 y 0,447 de la desalineación sagital en la curva lumbar en bipedestación, y clasificando correctamente el 78,1% de los casos.

Para la curva dorsal en sedentación asténica se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA) (tabla 53). La prueba de omnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,036$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,120 y 0,163 de la desalineación sagital en la curva dorsal en sedentación, y clasificando correctamente el 68,6% de los casos.

Para la curva lumbar en sedentación asténica se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA) (tabla 53). La prueba de omnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,239 y 0,384 de la desalineación sagital en la curva lumbar en sedentación, y clasificando correctamente el 86,7% de los casos.

Para la curva dorsal en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la EDAD y el test distancia dedos-planta (DD-P) (tabla 53). La prueba de omnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,321 y 0,429 de la desalineación sagital en la curva dorsal en flexión del tronco, y clasificando correctamente el 76,2% de los casos.

Para la curva lumbar en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la EDAD, la disposición de la pelvis en bipedestación (BIP Sacro-Vertical), la disposición de la pelvis en flexión del tronco (L-H fx) y el test distancia dedos-planta (DD-P) (tabla 53). La prueba de omnibus de coeficientes de modelo fue significativa ($p=0,000$). El modelo (conjunto de factores de riesgo) fue significativo, explicando entre el 0,395 y 0,527 de la desalineación sagital en la curva lumbar en flexión del tronco, y clasificando correctamente el 78,1% de los casos.

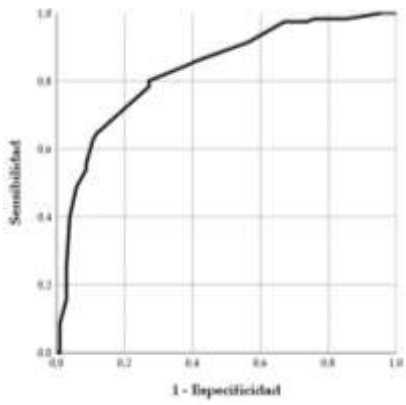
Tabla 53. Resultados de la regresión logística para los factores de riesgo asociados a las desalineaciones sagitales del raquis en las niñas.

| Variable Dependiente | Factores de Riesgo | OR ¹ | Error estándar | 95% IC | p-value |
|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|---------|
| BIP_Lumbar | BIP Sacro-Vertical | 1,207 (pequeño) | 0,046 | 0,756 a 0,907 | 0,000 |
| SED_Dorsal | L-H SA | 1,063 (pequeño) | 0,028 | 1,005 a 1,124 | 0,033 |
| SED_Lumbar | L-H SA | 1,131 (pequeño) | 0,040 | 1,045 a 1,225 | 0,002 |
| FLXT_Dorsal | Edad | 1,407 (medio) | 0,139 | 1,071 a 1,848 | 0,014 |
| | DD-P | 1,140 (pequeño) | 0,067 | 0,769 a 1,001 | 0,049 |
| FLXT_Lumbar | Edad | 1,355 (medio) | 0,142 | 0,559 a 0,975 | 0,033 |
| | BIP Sacro-Vertical | 1,091 (pequeño) | 0,043 | 1,091 a 1,003 | 0,043 |
| | L-H SA | 1,104 (pequeño) | 0,038 | 0,906 a 0,841 | 0,009 |
| | L-H fx | 1,121 (pequeño) | 0,045 | 0,892 a 0,817 | 0,012 |
| | DD-P | 1,226 (pequeño) | 0,084 | 0,815 a 0,690 | 0,015 |

BIP: Bipedestación; SED: Sedentación; FLXT: Flexión del Tronco; IMC: Índice de Masa Corporal; ES: Error Estándar; IC: Intervalo de Confianza. ¹OR: Odds Ratio (riesgo relativo); OR < 1: predictor pobre; OR de 1 a 1.25: predictor pequeño; OR de 1.25 a 2: predictor medio; OR ≥ 2: predictor grande.

En la tabla 54 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en bipedestación. En el caso de las chicas solo se han encontrado factores asociados en la curva lumbar. De tal forma que, las chicas que tienen valores por encima de 19° en BIP SACRO-VERTICAL presentan una probabilidad del 83,4% de sufrir una desalineación sagital.

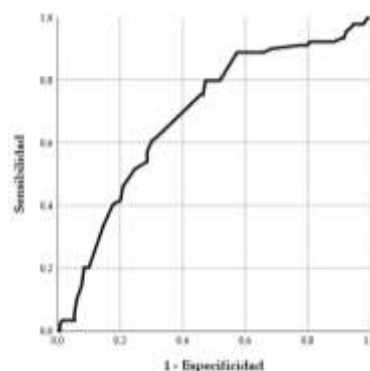
Tabla 54. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en bipedestación para las niñas.

| Curvatura | Factores de riesgo | Curva ROC | Punto de Corte |
|------------|--------------------|--|---|
| BIP_Lumbar | BIP Sacro-Vertical |  | <p>> 19° ABC = 0,834 p = 0,000 S = 0,800; E = 0,272 Índice de Youden = 0,529</p> |

En la tabla 55 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en sedentación en las chicas. Para la curva dorsal, las chicas que presentan valores por encima de 98° para el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 68,6% de sufrir una desalineación sagital. Mientras que, para la curva lumbar, las niñas que tienen valores por encima de 97° en el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 94% de sufrir una desalineación sagital.

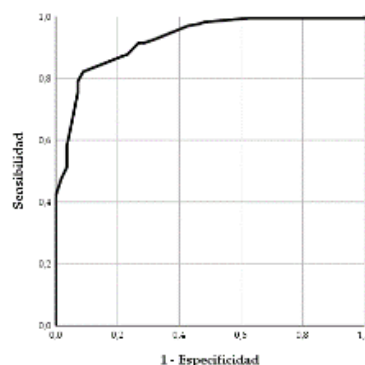
Tabla 55. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en sedentación para las niñas.

SED_Dorsal L-H SA



> 98°
 ABC=0,686
 p = 0,000
 S=0,798; E=0,473
 Índice de Youden=
 0,325

SED_Lumbar L-H SA

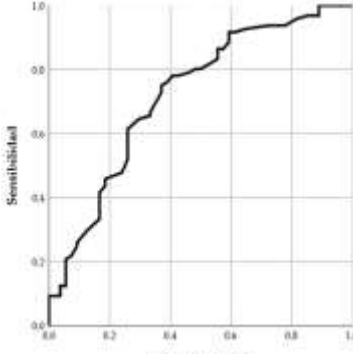
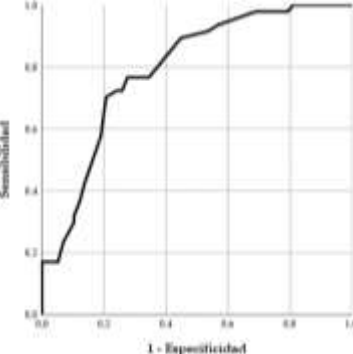
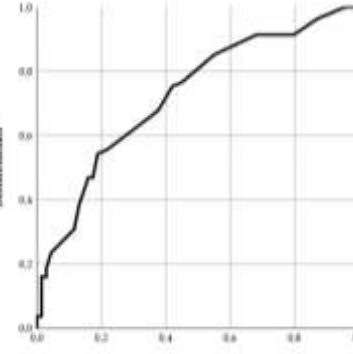


> 97°
 ABC = 0,925
 p = 0,000
 S = 0,821; E = 0,089
 Índice de Youden =
 0,732

En la tabla 56 se muestran los datos del análisis predictivo para los factores de riesgo asociados a la desalineación sagital en flexión máxima del tronco. Para la curva dorsal, las niñas mayores de 9 años de edad presentan una probabilidad del 72,2% de sufrir una desalineación sagital. Además, las niñas que presentan valores por debajo de 4 cm para el DD-P presentan una probabilidad del 79,3% de sufrir una desalineación sagital.

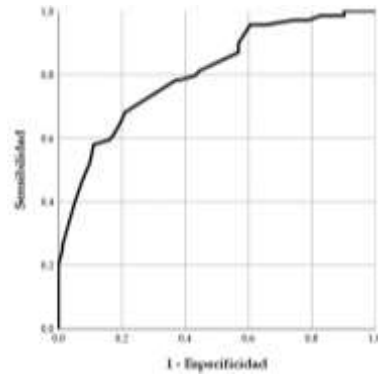
Para la curva lumbar, las chicas que presentan valores por encima de 22° para el ángulo BIP Sacro-Vertical presentan una probabilidad del 72,4% de sufrir una desalineación sagital. De igual forma, aquellas niñas que presentan valores mayores a 101° en el ángulo L-H fx y valores mayores a 98° en el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 80,5% y del 65% respectivamente de sufrir una desalineación sagital.

Tabla 56. Puntos de corte que discriminan la desalineación raquídea para las curvas dorsal y lumbar en flexión máxima del tronco para las niñas.

| | | | |
|-------------|--------------------|---|--|
| | Edad |  <p>1 - Especificidad</p> | <p>> 9 años ABC = 0,722 p = 0,000 S = 0,750; E = 0,370 Índice de Youden = 0,380</p> |
| FLXT_Dorsal | DD-P |  <p>1 - Especificidad</p> | <p>< 4 cm ABC = 0,793 p = 0,000 S = 0,702; E = 0,207 Índice de Youden = 0,495</p> |
| FT-Lumbar | BIP Sacro-Vertical |  <p>1 - Especificidad</p> | <p>> 22° ABC = 0,724 p = 0,000 S = 0,543; E = 0,188 Índice de Youden = 0,355</p> |

FT-Lumbar

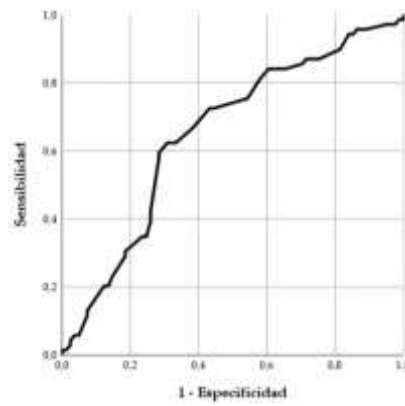
L-H fx



> 101°
ABC = 0,805
p = 0,000
S = 0,681; E = 0,210
Índice de Youden =
0,471

FT-Lumbar

L-H SA



> 98°
ABC = 0,650
p = 0,002
S = 0,623; E = 0,309
Índice de Youden =
0,314

5. DISCUSIÓN

El plano sagital de la columna vertebral va evolucionando con la edad, de tal forma que en la columna de un escolar se van a ir produciendo cambios en la alineación de las curvaturas a lo largo del crecimiento. Hay que tener en cuenta que la disposición sagital del raquis debe ir adaptándose sucesivamente a la adquisición de la bipedestación, de la locomoción y de la marcha, y que, aunque existe una estabilización de los parámetros después de la adolescencia, el plano sagital nunca deja de modificarse.

En la edad escolar, los estudios han mostrado como la cifosis y la lordosis tienden a aumentar con la edad, pero aun así se conoce muy poco sobre su evolución (Widhe, 2001). La mayoría de los estudios son transversales y comparan diferentes edades y etapas de crecimiento. De igual forma, muchos estudios utilizan pruebas radiológicas para la valoración de la cifosis y la lordosis lo que puede condicionar la comparación con los resultados del presente estudio.

Por otro lado, pocos estudios internacionales evalúan las curvaturas sagitales del raquis en escolares en las tres posiciones (Santonja et al., 2020; Martínez-Romero, 2021; Cejudo, 2022) y evalúan el “Morfotipo Sagital Integral”. Así, Santonja et al. (2020) analizan el Morfotipo Sagital Integral en una muestra de 731 escolares de 7 a 13 años de edad (niñas= 379; niños= 352), Martínez-Romero (2021) analiza el Morfotipo Sagital Integral en una muestra de 252 escolares de Primaria y Secundaria (edad media 10,9±1,2 años, rango de edad 9-15 años, 122 niños y 130 niñas) y Cejudo (2022) valora a 201 escolares con una edad comprendida entre los 10–12 años (103 niños y 98 niñas; edad media, 10,9±0,7 años; talla, 148,4±7,3 cm; peso, 45,7±11,6 kg). Por ello, se puede afirmar que el presente estudio es el primer trabajo que aporta datos sobre el “Morfotipo Sagital Integral” en escolares con edades comprendidas de los 3 a los 8 años.

5.1. VALORACIÓN DE LA DISPOSICIÓN SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD.

Los resultados del presente estudio muestran para la curva dorsal valores medios de $39,7^{\circ} \pm 8,8^{\circ}$, $41,9^{\circ} \pm 11,3^{\circ}$ y de $63^{\circ} \pm 10,5^{\circ}$ en bipedestación relajada, sedentación asténica y máxima flexión del tronco respectivamente. Mientras que para la curva lumbar los valores medios han sido de $-32,2^{\circ} \pm 8,2^{\circ}$, $12^{\circ} \pm 11,7^{\circ}$ y de $28,4^{\circ} \pm 8,9^{\circ}$ en bipedestación, sedentación y flexión máxima del tronco respectivamente.

Es interesante señalar que se han encontrado diferencias significativas en función del sexo en todas las variables excepto para la cifosis dorsal en bipedestación. De igual manera, se observan diferencias entre niños y niñas en la disposición de la pelvis en las tres posiciones analizadas. Así, las niñas presentan mayores valores de lordosis lumbar en bipedestación y mayores valores de ángulo sacro-vertical en bipedestación. Por el contrario, los niños presentan mayores valores en la curva dorsal en las tres posiciones, mayores valores de cifosis lumbar en flexión máxima del tronco y sedentación, y mayores valores de retroversión de la pelvis en flexión del tronco y sedentación.

Estas diferencias entre niños y niñas han sido observadas en otros estudios (Andújar, 2010; Collazo, 2015; Santonja et al., 2020). Sin embargo, es necesario tener presente que en función de la edad de los escolares los resultados pueden variar estadísticamente. Es conveniente tener en cuenta que la edad biológica, que no cronológica, será diferente en función del sexo y que el crecimiento se completa dos años antes en las niñas.

En el presente trabajo las diferencias entre sexos han sido mayores conforme avanza la edad de los escolares evaluados. Así, en la etapa infantil se han encontrado diferencias en la disposición de la pelvis en sedentación asténica (medida con el ángulo L-H SA) ($p=0,018$), con mayor retroversión de la pelvis en los niños ($111,8^{\circ} \pm 7,2^{\circ}$ versus $104,8^{\circ} \pm 11,2^{\circ}$). Mientras que en el 1er ciclo de primaria se han observado diferencias en las curvaturas dorsal en sedentación ($p=0,001$), lumbar en bipedestación ($p=0,035$) y sedentación ($p=0,002$) y en la disposición de la pelvis en las tres posiciones ($p>0,025$). Por último, en el 2º ciclo de Primaria, se han observado diferencias significativas en todas las curvaturas y posiciones excepto para la curva dorsal en bipedestación y en la curva dorsal en flexión máxima del tronco. De tal forma que las niñas presentan mayor grado de curvatura en la lordosis lumbar en bipedestación ($35,20^{\circ} \pm 8,21^{\circ}$ versus $30,93^{\circ} \pm 7,0^{\circ}$; $p=0,000$); mientras que los niños presentan mayores valores de curvatura en la cifosis dorsal ($45,0^{\circ} \pm 10,14^{\circ}$ versus $39,45^{\circ} \pm 11,34^{\circ}$; $p=0,001$) y lumbar en sedentación ($17,1^{\circ} \pm 8,17^{\circ}$ versus $11,69^{\circ} \pm 12,54^{\circ}$; $p=0,002$) y en la cifosis lumbar en flexión del tronco ($p=0,001$).

Cuando se valoran las diferencias en la disposición de la pelvis se han encontrado diferencias significativas en las tres posiciones. De tal forma que las niñas presentan mayores valores de ángulo sacro-vertical (S-V) en bipedestación ($21,3^{\circ} \pm 6,2^{\circ}$ versus $17,5^{\circ} \pm 5,8^{\circ}$; $p=0,000$) y los niños mayor retroversión de pelvis en sedentación ($102,3^{\circ} \pm 12,6^{\circ}$ versus $96,2^{\circ} \pm 9,5^{\circ}$; $p=0,000$) y mayor limitación de la flexión de la pelvis al realizar la máxima flexión del tronco ($110,1^{\circ} \pm 9,4^{\circ}$ versus $94,1^{\circ} \pm 15,7^{\circ}$; $p=0,000$).

Con relación a la evolución de las curvaturas en función de la edad o la etapa/ciclo, los resultados del presente estudio muestran diferencias significativas en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación, para el ángulo Sacro-Vertical en bipedestación y para el ángulo de la pelvis en flexión máxima del tronco.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que no todas las curvaturas presentan la misma tendencia evolutiva con la edad. Así, mientras la curvatura dorsal en bipedestación se mantiene estable, la curvatura dorsal en sedentación disminuye con la edad y la curvatura dorsal en flexión del tronco aumenta con la edad. Para la curvatura lumbar, se observa un aumento en bipedestación, una disminución en sedentación y una disminución en máxima flexión del tronco.

Para interpretar estos datos es necesario tener en cuenta que, con el crecimiento, la cifosis y la lordosis en bipedestación aumentan, al igual que la inclinación sacra. Sin embargo, la curva lumbar termina antes su crecimiento y la curva dorsal será la última curva en terminar de crecer. 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.

En el estudio de Cil et al. (2004), observan esta tendencia mostrando diferencias significativas entre los diferentes grupos de edad que valoraron (tabla 57). En la figura 14 se observa gráficamente como la cifosis dorsal en bipedestación aumenta ligeramente en los primeros años y disminuye a los 10-12 años de edad, para aumentar de forma significativa a los 13-15 años. Mientras que la lordosis lumbar aumenta en las tres primeras etapas desde los 3 años hasta los 12 años y luego disminuye a los 13-15 años.

Tabla 57. 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 | $44,9^{\circ} \pm 11,4^{\circ}$ | $47,8^{\circ} \pm 10,5^{\circ}$ | $45,8^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$ | $53,3^{\circ} \pm 9,1^{\circ}$ |
| Lordosis Lumbar | $-44,3^{\circ} \pm 11^{\circ}$ | $-51,7^{\circ} \pm 11,5^{\circ}$ | $-57,3^{\circ} \pm 10^{\circ}$ | $-54,6^{\circ} \pm 9,8^{\circ}$ |

Murray y Bulstrode (1996), también observaron similar progresión de las curvas, y justifican esta progresión por el crecimiento vertebral anterior que es superior al crecimiento vertebral posterior.

Estos resultados son muy importantes ya que señalan varias fases sensibles para cada curvatura que deberían ser tenidas en cuenta en la valoración de la columna vertebral. Además, se puede afirmar, que los primeros años de vida serán claves para la adquisición y formación de la lordosis lumbar, con un pico de crecimiento en el 2º ciclo de Primaria. Los resultados del presente estudio muestran una tendencia a que la curvatura lumbar en bipedestación aumente con los años, mientras que los valores disminuyen en sedentación y en flexión máxima del tronco.

Para la curva dorsal en bipedestación la fase sensible se encuentra en la adolescencia donde los valores aumentan de forma exponencial, mientras que en los primeros años de vida la curvatura dorsal se estabiliza en las posiciones estáticas (bipedestación y sedentación asténica) y aumenta en la flexión del tronco.

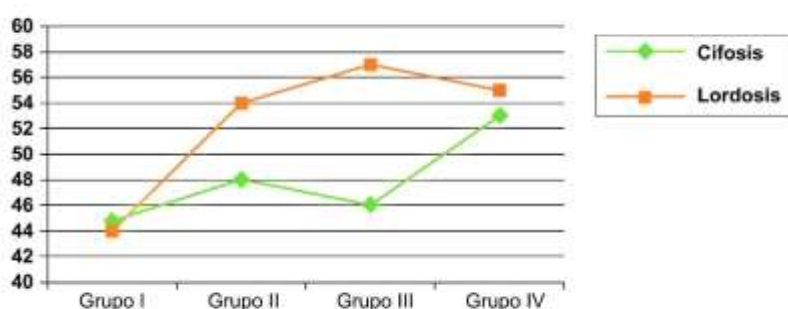


Figura 14. Evolución de la cifosis y lordosis con la edad durante las etapas de crecimiento. Tomado de Cil et al. (2004).

Existen pocos estudios que hayan valorado las curvaturas del plano sagital del raquis en niños y adolescentes, destacando el estudio de Wen et al. (2022), Cejudo (2022), Martínez-Romero (2021) y Santonja et al. (2020).

Wen et al. (2022) analizan la curvatura dorsal y lumbar en tres posiciones (Bipedestación relajada, sedentación “Recta” y sedentación de “Lecto/escritura”) en 1138 escolares (534 chicas y 604 chicos) de Educación Primaria (n=570) y de Secundaria (n=568) con un rango de edad de 6 a 18 años.

En la tabla 58 se muestran los valores medios y desviación típica de la cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación relajada en función del sexo y de la edad.

Tabla 58. Cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación relajada. Tomado de Wen et al. (2022).

| Sexo | Edad (años) | Cifosis Dorsal (°) | Lordosis Lumbar (°) |
|------------------|-------------|--------------------|---------------------|
| Masculino | 6 | 26,286(7,297) | -32,500(9,504) |
| | 7 | 34,583(9,053) | -27,167(12,350) |
| | 8 | 37,372(9,722) | -24,488(9,480) |
| | 9 | 36,797(8,944) | -23,678(9,659) |
| | 10 | 35,868(8,731) | -24,015(9,770) |
| | 11 | 38,341(7,886) | -27,073(12,507) |
| | 12 | 35,364(8,355) | -25,697(9,554) |
| | 13 | 31,383(5,968) | -28,243(8,667) |
| | 14 | 32,747(5,821) | -26,670(8,352) |
| | 15 | 34,273(5,147) | -25,955(6,433) |
| | 16 | 33,412(6,663) | -25,618(9,912) |
| | 17 | 31,500(6,658) | -23,750(9,912) |
| | 18 | 43,000(5,657) | -27,500(3,536) |
| Femenino | 6 | 27,906(7,731) | -24,437(17,729) |
| | 7 | 30,833(8,809) | -23,738(12,057) |
| | 8 | 34,463(11,227) | -24,439(10,789) |
| | 9 | 33,939(10,509) | -23,653(8,430) |
| | 10 | 37,527(10,059) | -24,964(10,173) |
| | 11 | 37,119(8,674) | -25,619(10,138) |
| | 12 | 32,333(8,222) | -26,361(19,722) |
| | 13 | 28,247(6,134) | -26,194(13,193) |
| | 14 | 28,393(5,995) | -28,085(9,582) |
| | 15 | 30,423(4,884) | -26,462(7,495) |
| | 16 | 29,377(6,968) | -26,943(9,141) |
| | 17 | 24,000(9,539) | -34,667(7,234) |
| | 18 | 32,000(9,607) | -36,000(4,950) |

Tras la realización de un análisis de regresión con la edad y las curvas sagitales en bipedestación en función del sexo, Wen et al. (2022) observaron que los ángulos de cifosis dorsal y lordosis lumbar de las chicas cambiaron significativamente con la edad, pero no en los chicos. Los resultados obtenidos también muestran que la cifosis dorsal era generalmente más alta en los chicos que en las chicas de la misma edad, y que la cifosis dorsal parece tener un pequeño incremento acelerado a los 11 años (tabla 58).

Cuando comparan los valores de la cifosis dorsal y de la lordosis lumbar en las tres posiciones observan diferencias significativas (tabla 59), de tal forma que el valor de la curva dorsal es algo mayor en sedentación posición de "Lecto/escritura" ($33,5^{\circ} \pm 9,7^{\circ}$), seguido de la cifosis dorsal en bipedestación "Relajada" ($32,8^{\circ} \pm 8,6^{\circ}$) y en la posición de sentado "Recto" ($25,1^{\circ} \pm 8,7^{\circ}$). Con respecto a la curva lumbar, se aprecia el mayor valor en bipedestación "relajada" ($-26^{\circ} \pm 10,6^{\circ}$) y el valor más pequeño en la postura de sedentación posición de "lecto/escritura" ($0,7^{\circ} \pm 12,6^{\circ}$). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en la mayoría de los escolares la lordosis lumbar desaparece cuando se sientan apareciendo la cifosis lumbar.

Tabla 59. Cifosis dorsal y lordosis lumbar en bipedestación relajada. Tomado de Wen et al. (2022).

| Curvatura | Bipedestación Relajada(°) | Sedentación(°) | |
|-----------|---------------------------|------------------|---------------------------------------|
| | | Sentado "Recto" | Sentado en posición "Lecto/escritura" |
| Dorsal | 32,873 (8,669)# | 25,138 (8,729)* | 33,529 (9,706)# |
| Lumbar | -26,043 (10,615)# | -12,661 (9,063)* | 0,772 (12,676)*# |

Los valores numéricos representan la media (desviación estándar).

* $p < 0,05$ en comparación con la posición de bipedestación; # $p < 0,05$ en comparación con la posición sentada "recta".

Los resultados del análisis de correlación indicaron que la cifosis dorsal en la posición de "Lectura/escritura" está asociada con la curva torácica en "Bipedestación", tanto en los escolares de Primaria ($R^2=0,201$, $p<0,01$, $Beta=0,426$, IC del 95%= $0,356-0,496$), como los escolares de Secundaria ($R^2=0,164$, $p<0,01$, $Beta=0,299$, IC del 95%= $0,243-0,354$).

También encontraron una correlación lineal entre la cifosis dorsal para las posturas durante la "Lectura/escritura" y la posición sentada "Recta" entre los escolares de Primaria ($R^2=0,259$, $p<0,01$, $Beta=0,490$, IC del 95%= $0,422-0,558$) y los escolares de Secundaria ($R^2=0,213$, $p<0,01$, $Beta=0,393$, IC del 95%= $0,330-0,455$). De tal forma que, aquellos escolares con "Hiper cifosis Dorsal" en posición de "Lectura/escritura" tenían dificultad para conseguir un ángulo de curvatura torácica normal cuando se sentaban "Rectos".

Con relación a la curva lumbar, los resultados mostraron diferencias significativas cuando se compararon las tres posiciones tanto en los escolares de Primaria como de Secundaria, y mientras que la mayoría de los escolares pudieron mantener la lordosis lumbar cuando estaban de pie o sentados "Rectos", la cifosis lumbar apareció en la posición de "Lecto/escritura".

Así, el 99% ($n=1139$) y el 48% ($n=549$) de los escolares mostraron valores positivos/lordóticos en bipedestación y en sedentación en posición de "Lecto/escritura", de tal forma que el 52% ($n=590$) presentaban cifosis lumbar mientras estudiaban. Los resultados mostraron una interacción significativa entre la curvatura lumbar en posición de "Lecto/escritura" y la curvatura lumbar en bipedestación, de tal modo que los escolares que presentaban una curvatura lumbar dentro de la normalidad en sedentación también lo hacían en bipedestación, y viceversa.

Mantener una cifosis dorsal dentro de la normalidad en posición de sedentación también ayudaba a mantener la curvatura lumbar dentro de la normalidad.

Wen et al. (2022) ponen el foco en la importancia de la postura de "Sedentación" para el desarrollo armónico de la columna vertebral de los escolares, de tal forma que una mala postura al sentarse puede modificar el resto de las curvaturas del plano sagital.

En el presente estudio los valores medios de la curvatura dorsal ($45,3^\circ \pm 9,7^\circ$ versus $41,1^\circ \pm 11,3^\circ$) y lumbar ($16,6^\circ \pm 9,9^\circ$ versus $9,3^\circ \pm 12^\circ$) obtenidos en la postura de sedentación asténica son significativamente mayores en la Etapa de Infantil que en el 2º Ciclo de Primaria sobre todo en la curvatura lumbar. Estos valores se justifican por el propio desarrollo ontogénico de la columna vertebral. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la cifosis lumbar será fisiológica en los primeros años de vida, pero patológica si se mantiene a lo largo del crecimiento.

Cejudo (2022) analiza el plano sagital de 201 escolares con edades comprendidas entre los 10 y 12 años (103 niños y 98 niñas; edad media \pm DE, 10,9 \pm 0,7 años; talla, 148,4 \pm 7,3 cm; Peso, 45,7 \pm 11,6 kg) de 5 colegios de Educación Primaria. Además, también valora el rango de flexión de la cadera con la rodilla extendida para analizar la extensibilidad de la musculatura isquiosural y la extensibilidad del psoas iliaco y del tríceps sural (tabla 60).

Tabla 60. Valores descriptivos de las características antropométricas, curvaturas sagitales del raquis y rango de movimiento. Tomado de Cejudo (2022).

| Variables | Total (n=252) | Niños (n=122) | Niñas (n=130) | p-valor |
|--|------------------|------------------|------------------|---------|
| Características Antropométricas | | | | |
| Edad (años) | 10,9 \pm 0,7 | 10,9 \pm 0,8 | 10,9 \pm 0,7 | 0,811 |
| Peso (kg) | 45,7 \pm 11,6 | 44,5 \pm 11,2 | 46,9 \pm 12 | -2,368 |
| Talla (cm) | 148,4 \pm 7,3 | 148,1 \pm 7,6 | 148,8 \pm 7,1 | 0,480 |
| IMC (kg/m ²) | 20,5 \pm 4,3 | 20,0 \pm 4,1 | 21,0 \pm 4,5 | 0,083 |
| Curvaturas Sagitales del Raquis | | | | |
| BIP_Dorsal (°) | 37,4 \pm 9,4 | 39,1 \pm 9,4 | 35,6 \pm 9,1 | 0,008 |
| BIP_Lumbar (°) | -34,6 \pm 10,1 | -31,7 \pm 9,6 | -37,7 \pm 9,7 | 0,000 |
| SED_Dorsal (°) | 38,2 \pm 11,9 | 41,9 \pm 10,0 | 34,3 \pm 12,5 | 0,000 |
| SED_Lumbar (°) | 10,0 \pm 11,0 | 13,3 \pm 10,7 | 6,6 \pm 10,2 | 0,000 |
| FLXT_Dorsal (°) | 54,4 \pm 11,8 | 55,4 \pm 11,4 | 53,3 \pm 12,1 | 0,197 |
| FLXT_Lumbar (°) | 25,0 \pm 8,0 | 26,8 \pm 7,5 | 23,1 \pm 8,2 | 0,001 |
| Rango de Movimiento | | | | |
| EPR(°) | | Niños | Niñas | |
| EPR_Dch (°) | 71,4 \pm 9,9 | 68,7 \pm 9,1 | 75,6 \pm 9,8 | 0,000 |
| EPR_Izq (°) | | 67,3 \pm 9,1 | 74,4 \pm 9,7 | |
| Thomas (°) | | Niños | Niñas | |
| Thomas_Dch (°) | 14,1 \pm 7,3 | 13,2 \pm 7,5 | 14,4 \pm 7,4 | 0,308 |
| Thomas_Izq (°) | | 14,0 \pm 7,3 | 14,8 \pm 7,6 | |
| DFlexión (°) | | Niños | Niñas | |
| DFlexión_Dch (°) | 36,9 \pm 6,8 | 36,6 \pm 7,4 | 38,1 \pm 7,2 | 0,138 |
| DFlexión_Izq (°) | | 35,8 \pm 6,9 | 37,2 \pm 6,6 | |

IMC: Índice de Masa Corporal, °: grados; BIP: Bipedestación relajada; SED: Sedentación asténica; FLXT: Flexión del Tronco; DFlexión (Dch-Izq): Test de la dorsi-flexión con rodilla flexionada (derecha-izquierda); EPR (Dch-Izq): Test de Elevación de la Pierna Recta (derecha-izquierda); Thomas (Dch-Izq): Test de Thomas de extension de cadera (derecha-izquierda).

Cuando compara los resultados de las curvaturas sagitales del raquis observa que los niños muestran mayores valores de cifosis dorsal en bipedestación y sedentación y mayor cifosis lumbar en sedentación y flexión máxima del tronco, en consonancia con otros estudios como el de Santonja-Medina et al. (2020), Mauriciené y Bačiulienė (2005)

y Sainz de Baranda et al. (2020 a y b). En cambio, las niñas mostraron mayores valores de lordosis lumbar o hiperlordosis lumbar en bipedestación, en consonancia con otros estudios como el de Santonja-Medina et al. (2020), Poussa et al. (2005) y Sainz de Baranda et al. (2020 a).

En general, la lordosis aumenta con la edad, encontrándose los valores más altos en la edad adulta y disminuyendo esta tendencia después de la séptima década de vida (Chernukha et al., 1998; Kobayashi et al., 2004). La mayor curvatura lumbar en las niñas podría explicarse por las adaptaciones estructurales filogenéticas de la columna vertebral femenina (Schlösser et al., 2015). Además, algunos autores ponen el foco en la importancia del crecimiento y la edad de maduración para explicar las diferencias entre sexos en la edad escolar. Así, la finalización del crecimiento y la mineralización del centro secundario de osificación de la vértebra (Widhe, 2001; Schlösser et al., 2015) y los cambios estructurales de la columna vertebral (Chernukha et al., 1998; Kobayashi et al., 2004) son más prematuros en las niñas. El aumento máximo de la lordosis lumbar se ha observado en chicas de 11 a 15 años, coincidiendo con el pico máximo de velocidad de crecimiento (Schlösser et al., 2015). Por otro lado, algunos factores como el IMC también han sido relacionado con mayores valores de lordosis lumbar (Mauriciené y Bačiulienė, 2005).

El estudio de Martínez-Romero en 2021 se realizó con una muestra de 252 escolares (130 chicas y 122 chicos), con edades comprendidas entre los 9 y los 15 años. El objetivo era valorar el "Fitness" Postural de los escolares y comparar los valores en función del sexo, la etapa madurativa y la presencia o no de dolor de espalda.

En la tabla 61 se presentan los resultados de la muestra total y por sexo. Entre las principales características, cabe destacar que 171 escolares (67,9%) se encontraban en un estado anterior al inicio de la pubertad (104 niños y 67 niñas) y 81 escolares (32,1%) se encontraban en la etapa puberal (18 niños y 63 niñas). En cuanto a las características antropométricas, las principales diferencias por sexo de los participantes se encontraban en la edad y el desfase madurativo, observando que las chicas eran más jóvenes, pero presentaban un mayor desfase madurativo. En cuanto a los resultados del protocolo "Fitness" Postural, en la valoración de las curvaturas sagitales del raquis, los chicos presentaron una mayor cifosis en todas las posiciones evaluadas. Por el contrario, en la curvatura lumbar, las chicas mostraron una mayor lordosis en posición de pie y una menor cifosis lumbar, junto con una pelvis más neutra en posición sentada y en flexión del tronco. En cuanto al ROM, las chicas mostraron un mayor rango en todas las pruebas realizadas. Por último, en las pruebas de resistencia muscular del tronco, los chicos mostraron un mayor rendimiento en la musculatura lateral-flexora y las chicas en la musculatura extensora.

Tabla 61. Valores descriptivos de las características antropométricas y del "Fitness Postural". Tomado de Martínez-Romero (2021).

| Variables | Total (n=252) | Chicos (n=122) | Chicas (n=130) |
|---|------------------|-------------------|-------------------|
| Características Antropométricas | | | |
| Edad (años) | 10,9±1,2 | 11,1±1,4 | 10,8±0,9* |
| Maturity offset* | -1,5±1,2 | -2,2±1,1 | -0,9±0,9* |
| Peso (kg) | 43,8±11,2 | 44,5±11,3 | 43,1±11,2 |
| Talla (cm) | 145,9±9,5 | 147±9,9 | 144,9±9 |
| IMC (kg/m ²) | 20,4±4 | 20,4±3,9 | 20,3±4,1 |
| Percentil | 69,1±29,5 | 69,6±29,5 | 68,6±29,5 |
| Fitness Postural | | | |
| Curvaturas Sagitales del Raquis | | | |
| BIP_Dorsal (°) | 38,8±9,5 | 40,8±9,2 | 36,9±9,3* |
| BIP_Lumbar (°) | -33,7±9,6 | -31,7±9,5 | -35,7±9,3* |
| SED_Dorsal (°) | 36,1±10,8 | 38,9±10,8 | 33,5±10,1* |
| SED_Lumbar (°) | 11,1±10,7 | 13±11,5 | 9,3±9,7* |
| L-H fx (°) | 102,3±8,6 | 104,8±8,5 | 99,8±7,9* |
| FLXT_Dorsal (°) | 48,7±11,5 | 50,2±10,9 | 47,2±12* |
| FLXT_Lumbar (°) | 26±8,9 | 27,4±8,9 | 24,7±8,7* |
| L-V (°) | 114,5±14,1 | 120,6±12,9 | 108,7±12,7* |
| Rango de Movimiento | | | |
| EPR_Dch (°) | 73,9±12,9 | 69,3±9,6 | 78,2±14,1* |
| EPR_Izq (°) | 73,1±12,7 | 68,7±10,2 | 77,3±13,4* |
| Thomas_Dch (°) | 17,2±8,4 | 16,1±8,5 | 18,2±8,2* |
| Thomas_Izq (°) | 17,3±8,3 | 16,4±8,2 | 18,2±8,3† |
| Test DDS (cm) | -7,5±8,7 | -10,2±7,8 | -5±8,9* |
| Resistencia de la Musculatura del Tronco | | | |
| Ito test (s) | 83,7±72 | 86,3±82,1 | 81,5±61,9 |
| BS test (s) | 129,3±71,1 | 120,9±73,1 | 137,3±68,5* |
| SB-Dch test (s) | 44±25,4 | 47,6±27,5 | 40,6±23* |
| SB-Izq test (s) | 45±26,5 | 50±29,7 | 40,5±22,6* |

kg: kilos, cm: centímetros, IMC: Índice de Masa Corporal, °: grados, BIP: Bipedestación relajada, SED: Sedentación asténica, FLXT: Flexión del Tronco, DFlexión (Dch-Izq): Test de la dorsi-flexión con rodilla flexionada (derecha-izquierda), EPR (Dch-Izq): Test de Elevación de la Pierna Recta (derecha-izquierda), Thomas (Dch-Izq): Test de Thomas de extensión de cadera (derecha-izquierda), DDS: Test Distancia Dedos Suelo, BS: Test de Biering-Sorensen, s: segundos, SB (derecha-izquierda): Test Side Bridge (derecha-izquierda). *diferencias significativas entre chicos y chicas ($p<0.05$). † p value=0.06.

** Compensación de la madurez que estima los años por los que el individuo está antes o después del pico de velocidad de crecimiento.

5.2. VALORACIÓN DEL MORFOTIPO RAQUÍDEO SAGITAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD.

Las curvaturas del plano sagital deben permanecer en unos rangos de normalidad que permitan conseguir un equilibrio estático y dinámico, un correcto funcionamiento de la musculatura y un reparto de las cargas adecuado que minimicen el riesgo de lesión.

La cifosis dorsal y la lordosis lumbar en bipedestación se utilizan para definir la disposición de la columna vertebral en el plano sagital. Fisiológicamente, la cifosis torácica ha sido definida dentro de un rango de normalidad cuyo límite inferior oscila entre 20°-25° y el superior entre 40°-45° (Bradford, 1995; Dimeglio et al., 1995; Santonja y Pastor, 2000; Negrini et al., 2005). Una curvatura mayor de 40°-45° indicará hipercifosis, mientras que la aparición de una cifosis en la curva cervical o lumbar indica una inversión de la lordosis o cifosis cervical o lumbar, lo que siempre es patológico (Negrini et al., 2005; Zaina et al., 2009). La lordosis lumbar ha sido definida dentro del rango de normalidad entre -20°/-25° a -50°/-65° mediante procedimientos radiológicos (Zaina et al., 2009) y dentro del rango de -20° a -40°, mediante métodos no invasivos (Tüzün et al., 1999; Santonja y Pastor, 2000). Una curvatura mayor de 40° indicará hiperlordosis, mientras que valores inferiores a 20° indicarán hipolordosis (Santonja y Pastor, 2000; Santonja et al., 2020).

Las desalineaciones sagitales del raquis podrán darse por incremento (hipercifosis torácica, hiperlordosis lumbar y cifolordosis), disminución (dorso plano, hipolordosis e hipocifosis), por inversión de una o de ambas curvas (lordosis torácica y cifosis lumbar) o cuando se modifique la topografía normal de las curvaturas (cifosis tóraco-lumbar, cifosis cérvico-torácica) (Andújar, 2010; Roussouly y Nnadi, 2010).

Algunos autores en función de la disposición de la curva dorsal, lumbar y de diversos parámetros pélvicos en bipedestación, han propuesto diferentes sistemas de clasificación para definir los morfotipos que caracterizan al plano sagital (Dolphens et al., 2013, 2014; Roussouly et al., 2005; Smith et al., 2008). Sin embargo, solo utilizan la valoración del morfotipo estático en bipedestación.

Otros autores utilizan la postura de sedentación y flexión del tronco para valorar el plano sagital de la columna vertebral (Rodríguez, 1998; Sainz de Baranda, 2002; Peña, 2010; Collazo, 2015; Santonja et al., 2020; Sainz de Baranda et al., 2020 a; Sainz de Baranda et al., 2020 b; Cejudo, 2022). Para la flexión del tronco, Santonja (1993) y Santonja et al. (2020) proponen los siguientes valores para la curva dorsal: Hipocifosis torácica <40°; Normal: 40° a 65°; Cifosis leve: 66°-80°; Cifosis moderada >80°; Mientras que para la curva lumbar propone: Hipocifosis <10°; Normal: 10° a 30°; Cifosis leve: 31°-40°; Cifosis moderada >40°.

Para cuantificar la curva dorsal en sedentación, Santonja (1993) y Santonja et al. (2020) proponen los siguientes valores: Hipocifosis torácica $<20^\circ$; Normal: 20° a 40° ; Cifosis leve: 41° - 60° ; Cifosis moderada $>60^\circ$; mientras que para la curva lumbar propone: Hipocifosis $<-15^\circ$; Normal: $0\pm 15^\circ$; Cifosis leve: 16° - 25° ; Cifosis moderada $>25^\circ$.

En el presente estudio, tras analizar los morfotipos raquídeos en las diferentes curvaturas, se observa un porcentaje de normalidad del 74,9% para la curva dorsal y del 84,6% para la curva lumbar en bipedestación, un porcentaje de normalidad del 56,2% para la curva dorsal y del 82,4% para la curva lumbar en sedentación y un porcentaje de normalidad del 65% para la curva dorsal y del 67,9% para la curva lumbar en flexión máxima del tronco. Cuando se analizan los resultados en función del sexo, las niñas presentan un mayor número de morfotipos rectificadas dorsales en bipedestación y un mayor número de hiperlordosis lumbar en bipedestación, mientras que los niños presentan un mayor número de morfotipos hipercifóticos dorsales y un mayor número de casos de hipolordosis lumbar. En sedentación asténica y en flexión del tronco, los niños presentan mayor número de morfotipos hipercifóticos tanto en la curva dorsal como en la curva lumbar. Mientras que las niñas presentan un mayor número de morfotipos dorsales rectificadas.

Santonja et al. (2020) encuentran valores similares en los % de normalidad en bipedestación para la curva dorsal (70,45%) y lumbar (89,06%), pero porcentajes más bajos de normalidad en sedentación y en flexión del tronco sobre todo en la curva lumbar, donde sólo el 12,72% de los escolares presentan morfotipos dentro de la normalidad en sedentación y el 38,43% en flexión máxima del tronco.

Mientras que Martínez-Romero (2021) encuentra un menor porcentaje de morfotipos dentro de la normalidad tanto en bipedestación como en flexión del tronco, destacando las diferencias en la curva dorsal en bipedestación (57,1% versus 74,9%), la curva lumbar en bipedestación (73% versus 84,6%), la curva dorsal en flexión del tronco (27,8% versus 65%) y la curva lumbar en sedentación (64,9% versus 82,4%) cuando se comparan sus resultados con los del presente estudio (tabla 62 y 63).

Tabla 62. Porcentajes y frecuencia de escolares en función de los valores de normalidad para la curva dorsal. Tomado de Martínez-Romero (2021).

| | Clasificación | Total (n=252) | Chicos (n=122) | Chicas (n=130) | Chi-square |
|--|---------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| Bipedestación Relajada | Hipocifosis | 0,8% (2) | 0% (0) | 1,5% (2) | $\chi^2_{(2)}=6,38$ $p=0,04$ |
| | Normal | 57,1% (144) | 50,8% (62) | 63,1% (82) | |
| | Hipercifosis | 42,1% (106) | 49,2% (60) | 35,4% (46) | |
| Sedentación Asténica | Hipocifosis | 0,8% (2) | 0% (0) | 1,5% (2) | $\chi^2_{(2)}=9,09$ $p=0,005$ |
| | Normal | 70,6% (178) | 63,1% (77) | 77,7% (101) | |
| | Hipercifosis | 28,6% (72) | 36,9% (45) | 20,8% (27) | |
| Flexión Máxima del Tronco | Hipocifosis | 0% (0) | 0% (0) | 0% (0) | $\chi^2_{(2)}=1,89$ $p=0,17$ |
| | Normal | 27,8% (70) | 23,8% (29) | 31,5% (41) | |
| | Hipercifosis | 72,2% (182) | 76,2% (93) | 68,5% (89) | |

Al analizar las diferencias entre niños y niñas, Martínez-Romero (2021) encuentra mayor porcentaje de morfotipos “hipercifóticos” en los niños en todas las posiciones y un mayor porcentaje de morfotipos “hiperlordóticos” en bipedestación en las niñas, con algún caso de morfotipo “hipocifótico” también en la curvatura dorsal en las niñas. Destaca también el mayor número de porcentaje de morfotipos “hipocifóticos” en la curvatura lumbar en bipedestación en los niños.

Hay que tener en cuenta que los escolares que valora Martínez-Romero (2021) son de Primaria y Secundaria y por lo tanto la edad es un factor que puede justificar las diferencias.

En el presente estudio, tras analizar los morfotipos raquídeos en las diferentes curvaturas en función de la etapa y ciclo se observan diferencias significativas en las 3 etapas en sedentación y flexión del tronco. Sin embargo, hay que tener presente que mientras que para la curva dorsal aumenta el número de morfotipos hipercifóticos conforme aumenta la edad tanto en la sedentación como en la flexión del tronco, para la curva lumbar, aumenta el porcentaje de normalidad en sedentación y en flexión del tronco con el crecimiento.

Tabla 63. Porcentajes y frecuencia de escolares en función de los valores de normalidad para la curva lumbar. Tomado de Martínez-Romero (2021).

| | Clasificación | Total (n=252) | Chicos (n=122) | Chicas (n=130) | Chi-square |
|--|---------------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| Bipedestación Relajada | Hipolordosis | 6,7% (17) | 9,8% (12) | 3,8% (5) | $\chi^2_{(2)}=5,97$ $p=0,05$ |
| | Normal | 73% (184) | 74,6% (91) | 71,5% (93) | |
| | Hiperlordosis | 20,2% (51) | 15,6% (19) | 24,6% (32) | |
| Sedentación Asténica | Hiperlordosis | 0% (0) | 0% (0) | 0% (0) | $\chi^2_{(2)}=7,84$ $p=0,005$ |
| | Normal | 64,9% (163) | 56,2% (68) | 73,1% (95) | |
| | Hipercifosis | 35,1% (88) | 43,8% (53) | 26,9% (35) | |
| Flexión Máxima del Tronco | Hipocifosis | 2,8% (7) | 3,3% (4) | 2,3% (3) | $\chi^2_{(2)}=3,48$ $p=0,17$ |
| | Normal | 71,8% (181) | 66,4% (81) | 76,9% (100) | |
| | Hipercifosis | 25,4% (64) | 30,3% (37) | 20,8% (27) | |

Cuando se analizan los morfotipos raquídeos en función de la etapa/ciclo y sexo se observa una misma tendencia, aunque se observa una mayor frecuencia de morfotipos hiperlordóticos conforme aumenta la edad en las niñas y una menor frecuencia de estos morfotipos en los niños conforme aumenta la edad. Por lo tanto, parece claro que la edad y sobre todo el sexo del escolar, va a condicionar el morfotipo raquídeo y seguramente el Morfotipo Sagital Integral.

5.3. MORFOTIPO SAGITAL INTEGRAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD.

Cuando se analiza el "Morfotipo Sagital Integral", se observa como la frecuencia de normalidad para la curva dorsal y lumbar disminuye considerablemente en comparación con la normalidad encontrada en el morfotipo en bipedestación. Para la curva dorsal se han encontrado tan sólo un 27,2% de morfotipos dentro de la normalidad, un 32,7% de morfotipos "Hipercifóticos", un 22,2% de "Hipercifosis funcional dorsal" y un 17,4% de "Cifosis hipomóvil". Mientras para la curva lumbar el 38,9% de los escolares presentan el morfotipo dentro de la normalidad, el 46% presentan "Hipercifosis funcional lumbar" y el 9,5% "Actitud hiperlordótica".

Cuando se analiza el "Morfotipo Sagital Integral" en función del sexo se observan diferencias significativas. En concreto, para la curva dorsal, las niñas presentan mayor porcentaje de morfotipos "Normales" (31,8% versus 22,2%) y los niños presentan mayor porcentaje de "Hipercifosis" (34,8% versus 30,7%) y de cifosis hipomóvil (19,6% versus 15,3%). Mientras para la curva lumbar las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (43,4% versus 34,1%) y un mayor porcentaje del morfotipo "Actitud hiperlordótica" (15,3% versus 3%), mientras que los niños presentan mayor porcentaje de "Hipercifosis funcionales lumbares" (57,7% versus 35,3%).

En el estudio de Martínez-Romero (2021) para la curva dorsal encuentra el mayor porcentaje de escolares con un morfotipo de "HiperCIFOSIS funcional dinámica", seguido del morfotipo "Normal" y del morfotipo de "HiperCIFOSIS total", mostrando una asociación entre el morfotipo "HiperCIFOSIS total" y los niños, y entre el morfotipo "Normal" y las niñas (tabla 64).

Tabla 64. Porcentajes y frecuencia de escolares en función del "Morfotipo Sagital Integral". Tomado de Martínez-Romero (2021).

| | Clasificación | Total (n=252) | Chicos (n=122) | Chicas (n=130) | Chi-square |
|---|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Curva Dorsal | | | | | |
| Morfotipo Sagital Integral | Cifosis normal | 17,1% (43) | 11,5% (14) | 22,3%* (29) | $\chi^2_{(8)}=16,16$ $p=0,03$ |
| | HiperCIFOSIS funcional estática | 1,6% (4) | 0,8% (1) | 2,3% (3) | |
| | HiperCIFOSIS funcional dinámica | 30,6% (77) | 27,9% (34) | 33,1%* (43) | |
| | HiperCIFOSIS funcional total | 7,9% (20) | 10,7%* (13) | 5,4% (7) | |
| | HiperCIFOSIS en bipedestación | 6,3% (16) | 8,2%* (10) | 4,6% (6) | |
| | HiperCIFOSIS en estática | 2% (5) | 3,3%* (4) | 0,8% (1) | |
| | HiperCIFOSIS en dinámica | 16,7% (42) | 15,6% (19) | 17,7% (23) | |
| | HiperCIFOSIS total | 17,1% (43) | 22,1%* (27) | 12,3% (16) | |
| | Hipocifosis | 0,8% (2) | 0% (0) | 1,5%* (2) | |

En cuanto a la curvatura lumbar, la mayoría de los escolares mostraron una curvatura lumbar normal en las tres posiciones evaluadas, tanto para la muestra total como por sexo. Se encontraron asociaciones entre la hiperlordosis y las niñas en posición de pie y entre la hiperCIFOSIS lumbar y los niños en posición sentada. En cuanto a la evaluación de la inclinación pélvica, la mayoría de los estudiantes presentaban una limitación de la máxima flexión pélvica, al realizar la máxima flexión del tronco. Esta disposición de la pelvis fue más frecuente en los chicos que en las chicas (tabla 65).

Tabla 65. Porcentajes y frecuencia de escolares en función del “Morfotipo Sagital Integral”. Tomado de Martínez-Romero (2021).

| | Clasificación | Total (n=252) | Chicos (n=122) | Chicas (n=130) | Chi-square |
|---|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Curva Lumbar | | | | | |
| Morfotipo Sagital Integral | Lordosis normal | 36,9% (93) | 32,8% (40) | 40,8%* (53) | $\chi^2_{(11)}=14,26$ $p=0,18$ |
| | Lordosis funcional o lordosis hipomóvil | 2% (5) | 2,5% (3) | 1,5% (2) | |
| | Actitud hiperlordótica | 17,1% (43) | 11,5% (14) | 22,3%* (29) | |
| | Hipercifosis funcional estática | 12,3% (31) | 14,8%* (18) | 10% (13) | |
| | Hipercifosis funcional dinámica | 6% (15) | 5,7% (7) | 6,2% (8) | |
| | Hipercifosis funcional total | 15,5% (39) | 18%* (22) | 13,1% (17) | |
| | Hipermovilidad lumbar | 2,4% (6) | 3,3% (4) | 1,5% (2) | |
| | Actitud hipolordótica | 1,6% (4) | 1,6% (2) | 1,5 (2) | |
| | Cifosis lumbar | 2,8% (7) | 4,1% (5) | 1,5% (2) | |
| | Hiperlordosis estructurada | 0,8% (2) | 0,8% (1) | 0,8% (1) | |
| | Cifosis lumbar estructurada | 2,4% (6) | 4,1%* (5) | 0,8% (1) | |

En el presente estudio, cuando se analiza el “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal en función de la etapa/ciclo, se observa en Infantil un mayor porcentaje de “Hipercifosis” en posiciones estáticas (21,1%) y de “Cifosis Hipomóvil” (47,4%). En el 1er Ciclo de Primaria se observa el mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” (30,2%) y de “Hipercifosis Funcional Dorsal” (17,9%), mientras que en el 2º Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de morfotipos “Hipercifóticos” (35%) y especialmente en la subcategoría de “Hipercifosis Totales” (22,6%).

Cuando se analiza el “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar en función de la etapa/ciclo, se observa en Infantil un mayor porcentaje de “Lordosis Hipomóvil” (10%) y de “Hipercifosis Funcional Lumbar” (50%) y especialmente en la subcategoría de “Hipercifosis Funcional en estática” (40%). En el 1er Ciclo de Primaria se observa un

mayor porcentaje de morfotipos dentro de “HiperCIFosis Funcional Lumbar” (52,5%) y especialmente en la subcategoría de “HiperCIFosis Funcional Lumbar en total” (27,7%) y de “HiperCIFosis Funcional Lumbar en dinámica” (10,9%). Por otro lado, en el 2º Ciclo de Primaria, se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” (42,7%), de “Actitud Hiperlordótica” (11%) y de “HiperCIFosis Funcional Lumbar” (41,5%).

Cuando se analizan estos resultados en función de la etapa, ciclo y el sexo se observan diferencias significativas en el “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar y para la etapa/ciclo de 2º Ciclo de Primaria. En concreto, para las chicas se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” (47,5% versus 38,1%), de “Actitud Hiperlordótica” (21,3% versus 1,2%) y de “Hiper movilidad Lumbar” (3,8% versus 0%). Mientras que para los chicos se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la categoría de “HiperCIFosis Funcional Lumbar” (55,9% versus 26,3%).

La importancia de la valoración del plano sagital del raquis y de cuantificar los “Morfotipos” ha sido justificada por diferentes autores (Sainz de Baranda et al., 2020; Santonja et al., 2020; Santonja et al., 2022). Diversos estudios que han cuantificado el morfotipo sagital en bipedestación han encontrado una relación del dolor de espalda en la edad adulta con algunos morfotipos como el “Flat-back” (aplanamiento de la cifosis torácica y lumbar) y el morfotipo “Hiperlordótico” (aumento de la curvatura lumbar) (Araújo et al., 2014; Chaléat-Valayer et al., 2011). Otros autores, como Smith et al. (2008) observaron en escolares que aquellos que presentaban un morfotipo fuera de los rangos de la normalidad eran más propensos a sufrir dolor de espalda. De igual forma Dolphens et al. (2013) observaron que los escolares con un morfotipo “Sway-back” (eje atrasado con un retroceso del tronco en relación a las caderas) que da como resultado una mayor y larga cifosis torácica y una menor lordosis lumbar presentaban mayor prevalencia de dolor cervical y lumbar.

Sin embargo, la valoración de la disposición sagital de la columna vertebral en bipedestación sólo va a revelar una posición de las muchas que se pueden adoptar en la vida cotidiana. Por ello, algunos autores han resaltado la importancia de realizar un estudio de la columna vertebral introduciendo otras posiciones como los decúbitos, la flexión del tronco y la sedentación dentro de la valoración como complemento del estudio del plano sagital (Stagnara, 1987; Pastor, 2000; De Carvalho et al., 2010; Salem et al., 2015; Santonja et al., 2022).

Como indican Santonja et al. (2020) realizar la valoración “integral” del plano sagital, analizando los morfotipos en tres posiciones (bipedestación, sedentación asténica y flexión máxima del tronco), permitirá detectar precozmente alteraciones de la

alineación no detectadas con la valoración aislada de la bipedestación. Además, permitirá establecer un diagnóstico correcto que ayudará a instaurar medidas preventivas y terapéuticas más precoces y diseñar un plan de tratamiento dirigido a cada una de las tres posturas valoradas.

Tanto en el presente estudio como en otros similares, la frecuencia de normalidad para la curva dorsal y lumbar disminuye considerablemente cuando se analizan la sedentación y la flexión del tronco además de la bipedestación. Por lo que la valoración sagital de la columna vertebral deberá realizarse de forma “integral” desde los primeros años de vida.

Algunas instituciones como la Academia Americana de Cirugía Ortopédica, proponen realizar una valoración de la columna vertebral en los escolares de 11 años, mientras que la Academia Americana de Pediatra propone la valoración regular de la columna vertebral de los escolares a partir de los 10 años (Bícanin et al., 2017). Sin embargo, autores como Rusnák et al. (2019) sugieren la realización de cribados periódicos de la columna vertebral y la postura en los escolares al comienzo de la asistencia obligatoria a la escuela. En esta etapa, aumenta de forma significativa el número de horas que los escolares han de estar sentados en el colegio, también aumentan las cargas que el escolar transporta en las mochilas. Además, en bastantes escolares, también aumentan las horas de deporte federado, una parte de ellos sufrirán una especialización temprana. Por ello, Bícanin et al. (2017) plantean que los escolares de la etapa infantil (preschool children) representan un grupo crítico para el desarrollo de deformidades raquídeas y de trastornos posturales.

Hay que tener en cuenta que el presente estudio tiene ciertas limitaciones, ya que para la generalización de los resultados obtenidos sería necesario llevar a cabo una investigación con un tamaño muestral más amplio sobre todo de escolares de la etapa infantil e incluso pre-escolar y que también incluya la etapa de la adolescencia. Otro aspecto que no se ha tenido en cuenta es la diferencia madurativa entre niños y niñas de edad cronológica similar. Por otro lado, el estudio de la relación de los morfotipos y el “Morfotipo Sagital Integral” con el dolor de espalda sería de gran interés.

5.4. EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD.

La cortedad de la musculatura isquiosural con la consiguiente limitación del rango de movimiento son uno de los factores asociados a las desalineaciones raquídeas (Cejudo, 2022). Hay que tener en cuenta que cualquier músculo o grupo muscular que tenga origen o se inserte en la pelvis tendrá un efecto sobre ella y también sobre la columna vertebral.

La falta de extensibilidad de la musculatura isquiosural es la que se presenta con mayor frecuencia de todos los grupos musculares (Cejudo, 2022; Santonja et al, 2022).

La principal consecuencia de la cortedad isquiosural es sobre la disposición de la pelvis y también sobre la columna vertebral, ya que, al limitar el movimiento de flexión pélvica, se produce un bloqueo y un movimiento compensatorio con un incremento de la flexión de la columna vertebral (Sainz de Baranda et al., 2006). La repetición de estos movimientos y la frecuente adopción de posturas incorrectas mantenidas durante largo tiempo, posibilita que se produzcan inversiones del raquis lumbar y que pueda aparecer hipercifosis funcionales patológicas.

Existen dos grados de cortedad. El grado I, más frecuente, y la marcada o grado II, que en una altísima proporción produce repercusiones sobre el raquis lumbar. Hay que tener en cuenta que como indica Ferrer (1998) la importancia de la cortedad isquiosural no está en la falta de extensibilidad en sí misma, sino en la predisposición para ocasionar repercusiones sobre la columna vertebral.

La frecuencia de la cortedad es elevada en todas las edades, con una proporción de 4/1 del grado I respecto al grado II (Ferrer, 1998).

Para evaluar la extensibilidad isquiosural, se pueden utilizar test lineales como el test distancia dedos-suelo (DD-S) o el test distancia dedos-planta (DD-P), los test angulares como el test de elevación de la pierna recta y los test angulares que valoran la disposición pélvica como el test lumbo vertical o lumbo horizontal (Ayala et al., 2012; Sainz de Baranda et al., 2012; Santonja et al, 2022).

Los resultados del presente estudio, tras valorar a los escolares con el test DD-P, muestran porcentajes bajos de normalidad con un 47,8% de escolares dentro de la normalidad y un 52,5% de escolares con cortedad. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo, se observan diferencias significativas ($p=0,000$). En concreto, las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (64,7% versus 9,8%) y los niños un mayor porcentaje de cortedad (90,2% versus 35,3%). Dentro de los escolares con cortedad el 79,9% de los niños presentan cortedad isquiosural grado I y el 10,3% de los niños

cortedad grado II. Mientras que las niñas presentan el 26,6% cortedad grado I y el 8,7% cortedad grado II.

Ferrer (1998) al valorar 919 escolares con el test EPR, encontró que un 28% presentaban cortedad isquiosural grado I y un 11,1% grado II en la extremidad inferior derecha, mientras que para la izquierda un 27,6% presentaban cortedad grado I y un 13,3% grado II.

Rodríguez (1998) encontró que un 33% de escolares presentaban cortedad isquiosural, con una mayor proporción en Educación Secundaria en la que ascendía a casi un 50%. Sainz de Baranda (2002) encontró que el 43,7% de los escolares de Educación Primaria presentaban cortedad isquiosural.

Pastor (2000) en un estudio con nadadores encuentra con el test EPR, en la población promesa un 30% de cortedad grado I y un 20% de cortedad grado II, mientras que en la población infantil estos porcentajes aumentan, con un 48% de casos con cortedad grado I y un 21% de cortedad grado II. Encontrando en ambos sexos que a mayor edad mayores valores de cortedad ($p < 0,02$).

Collazo (2015) tras valorar a 741 escolares de 3º a 6º curso de Primaria encuentra porcentajes muy bajos de normalidad con un 30,39% para la extremidad inferior derecha y un 31,35% para la izquierda, tras valorar la musculatura isquiosural con el test EPR. Mientras que el resto de los escolares presentan cortedad de la musculatura isquiosural (69,61% en la extremidad inferior derecha y el 68,64% en la izquierda).

La mayor frecuencia de cortedad isquiosural en niños que en niñas ha sido constatado por varios estudios (Ferrer, 1998; Pastor, 2000; Collazo, 2015; Cejudo, 2022).

Diferentes autores han descrito distintos mecanismos para explicar esta disminución de la extensibilidad muscular. La sedentación prolongada (en el colegio y en la vida cotidiana mientras se ve la televisión, se utiliza el ordenador o se juega con la consola/Tablet/móvil) puede ser un factor que contribuya a la rigidez muscular (Kett et al., 2021) al colocar la cadera, la rodilla y el tobillo en flexión de unos 90°, acortando el sóleo, el psoas iliaco y la musculatura isquiosural, y aumentando la rigidez. Varios autores han descrito un marco teórico sobre la causa del aumento de la rigidez pasiva (Proske y Morgan, 1999; Visser y Van Dieën, 2006; Kell y Bhambhani, 2008). La postura mantenida en sedentación conduce a una restricción del metabolismo muscular con efectos perjudiciales en la regulación de la inflamación, la oxigenación del tejido muscular y el flujo sanguíneo (Visser y Van Dieën, 2006; Kell y Bhambhani, 2008). Además, la disminución del metabolismo muscular parece desencadenar un desequilibrio reactivo en la célula muscular (McGill et al., 2000; Kell y Bhambhani, 2008) que promueve la formación espontánea de puentes cruzados débiles pero duraderos

entre las cabezas de miosina y los filamentos de actina (Campbell y Lakie, 1998) y provoca un aumento de la rigidez muscular pasiva (Proske y Morgan, 1999).

Otros autores señalan al desarrollo longitudinal de las extremidades durante el estirón puberal lo que provoca una reducción de la extensibilidad muscular (Ferrer, 1998; Harreby et al., 1999).

Por último, y sobre todo en relación a las diferencias entre niños y niñas, algunos autores señalan a las diferencias hormonales, ya que las niñas segregan más estrógenos y tienen mayores niveles de relaxina, y a las diferencias anatómicas como en la región lumbo-pélvica (Dejanovic et al., 2012; Moya-Ramón et al., 2018).

En el presente estudio, cuando se analizan los resultados en función del curso/etapa y ciclo se observa cómo se va perdiendo extensibilidad isquiosural conforme aumenta la edad y el curso. Las diferencias son significativas en el test distancia dedos-planta pasando de un valor de 4,5 cm en la Etapa de Infantil a -5,4 cm en el 2º Ciclo Primaria. Mientras que en el test L-H fx se pasa de un valor de 94,1º en la Etapa de Infantil a 102,1º en el 2º Ciclo Primaria. Esta tendencia se mantiene cuando se analizan los datos teniendo en cuenta la etapa/ciclo y el sexo.

Las diferentes etapas de crecimiento en los escolares, pueden provocar descompensaciones entre el sistema óseo y el sistema muscular. En el periodo de la adolescencia se inicia la fase de mayor pico de crecimiento y desarrollo, produciéndose una aceleración de crecimiento mayor del tejido óseo en relación al tejido muscular, lo que puede inducir a que se manifieste en un acortamiento de la musculatura y también de las desalineaciones sagitales del raquis.

Algunos autores proponen que, en un momento determinado del desarrollo, coincidiendo con diversos picos de crecimiento, existe una asincronía entre el ritmo del desarrollo del fémur y de la musculatura isquiosural, lo cual se traduce en una disarmonía entre la longitud del hueso y la del citado segmento muscular.

Desde los estudios de Milne y Mierau (1979), se ha constatado un descenso de la extensibilidad isquiosural coincidiendo con la etapa de crecimiento más rápido. En este mismo sentido también se manifiestan Kendal y Kendal (1985) al utilizar el test Dedos-Planta (DD-P) en el periodo puberal.

Ferrer (1998) en su estudio comprueba claramente este hecho con todos los tests clínicos que utiliza. Existiendo una mayor extensibilidad isquiosural durante el periodo postpuberal (normalidad en el 69,5% en hombres y 89,6% en mujeres), respecto al periodo prepupal (45,8% en hombres y 78,8% en mujeres) y sobre todo en el puberal (36% en hombres y 64% en mujeres).

Hay que recordar que la importancia de la cortedad de la musculatura isquiosural es tanto por la prevalencia como por las repercusiones que puede ocasionar sobre la columna vertebral (Mula y Sainz de Baranda, 2020) y por tanto será muy importante valorar dicha musculatura y sus repercusiones desde los primeros años de vida.

5.5. FACTORES DE RIESGO QUE PREDISPONEN A LAS DESALINEACIONES DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL EN ESCOLARES DE 3 A 12 AÑOS DE EDAD.

Algunos estudios han tratado de analizar la relación que existe entre diferentes factores y las curvaturas sagitales del raquis, siendo el sexo, la edad o el peso los factores más estudiados, aunque normalmente el análisis de los resultados se ha realizado de forma independiente, mostrando resultados específicos para diferentes tipos de poblaciones en función de la edad, distintos diseños de investigación y diferentes instrumentos de evaluación.

En el presente estudio, para el análisis predictivo, se dicotomizaron los valores de las curvas dorsal y lumbar (normal versus aumentada/desalineación) del morfotipo sagital del raquis mediante un análisis clúster K-medias. Además, un test de regresión logística binaria utilizando el método INTRO se aplicó para identificar las variables asociadas a las curvas sagitales raquídeas (peso, talla, IMC, disposición pélvica y extensibilidad isquiosural), utilizándose el análisis de odds ratio para calcular los efectos simultáneos de varios predictores en lugar de las estimaciones de riesgo relativo. Posteriormente se realizó un análisis de clasificación binaria por características operativas del receptor (ROC) para determinar un valor de corte óptimo para cada variable predictora de la desalineación sagital raquídea identificadas en el análisis de regresión logística binaria.

Los resultados señalan como factores predictivos al IMC, la Edad, la extensibilidad de la musculatura isquiosural y la disposición de la pelvis. Cuando se analizan los factores predictivos en función del sexo se observan factores similares para la curva lumbar en bipedestación (BIP Sacro-Vertical), la curva dorsal en sedentación (L-H SA), y en la curva lumbar en flexión del tronco para una de las variables (DD-P). En los niños influye más el IMC (factor predictivo para la curva dorsal en bipedestación y para la curva lumbar en flexión del tronco) y la edad que influye en la curva dorsal en bipedestación. Además, los valores en el test DD-P influyen también en la curva dorsal en bipedestación. Mientras que en las niñas la edad influye en las curvas dorsal y lumbar en la flexión del tronco y el ángulo L-Hfx en la curva lumbar en flexión del troco.

En el presente estudio, el IMC se ha encontrado como variable asociada para la curva dorsal en bipedestación y sedentación, y para la curva lumbar en flexión del

tronco. De tal forma que para la curva dorsal en bipedestación se encontró que los escolares que tenían valores por encima de 20,2 para el IMC presentaban una probabilidad del 59,1% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva dorsal en sedentación, los escolares que tenían valores por encima de 16,2 para el IMC presentaban una probabilidad del 75% de sufrir una desalineación sagital; y para la curva lumbar en flexión del tronco, los escolares que tenían valores mayores de 18,4 para el IMC presentaban una probabilidad del 72,4% de sufrir una desalineación sagital.

Algunos estudios han observado que el sobrepeso y la obesidad provocan alteraciones posturales que podrían tener consecuencias sobre las curvaturas torácica y lumbar en el plano sagital (Ridola et al., 1994). Estas alteraciones podrían ser debidas a que cuando el individuo presenta sobrepeso u obesidad, se produce un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad del cuerpo (Ridola et al., 1994), incrementándose tanto la carga axial/compresiva como la carga y el estrés de cizalla en la parte posterior de la columna lumbar en bipedestación (White, 1990). Cuando la posición de la columna se altera y el abdomen se encuentra por delante de la pelvis, la columna está fuera de su posición neutral y por tanto aumentan las fuerzas que soporta la columna lumbar (Ávila-Ramírez y Reyes-Rodríguez, 2009).

Hay que tener en cuenta que este desplazamiento del centro de gravedad puede condicionar un aumento de la curvatura lumbar en bipedestación, pero también un aumento de la curvatura dorsal al buscar un equilibrio compensatorio.

Sobre el impacto del sobrepeso/obesidad en la postura corporal y la biomecánica al caminar en niños y adolescentes destacar los trabajos de Molina-García (2019), Molina-García et al. (2019) Molina-García et al. (2020) y Molina-García et al. (2021).

Molina-García et al. (2021) tras realizar una revisión sistemática y meta-análisis de 73 estudios (5 longitudinales y 68 transversales) observan como el sobrepeso/obesidad se asocia con la presencia de hasta cinco desalineaciones posturales: hiper cifosis torácica, hombros caídos, hiperlordosis lumbar, valgo de rodilla y pie plano. Además, los resultados del estudio demuestran que los niños y adolescentes con sobrepeso/obesidad tienen 6.6 veces mayor riesgo de presentar valgo de rodilla, 1,5 veces más riesgo de presentar pies planos y 1,7 veces mayor riesgo de presentar algún tipo de desalineación postural en comparación con los escolares con un peso normal.

Por otro lado, en el estudio de Molina-García et al. (2019) observaron cómo los escolares con sobrepeso/obesidad caminan con una mayor anchura de paso, realizan una fase de apoyo más prolongada, presentan una posición de valgo en los miembros inferiores, mayores momentos de fuerza en la cadera, rodilla y tobillo, mayores fuerzas

de contacto en la articulación femorotibial y mayor activación de los músculos sóleo y gemelos en comparación con los escolares que tienen un peso normal.

El sobrepeso y la obesidad también ha sido asociado al dolor de espalda en la edad escolar. Martínez-Romero (2021) en su estudio con escolares encuentra que el dolor de espalda se asocia al estado de maduración y al peso de los escolares, encontrándose diferentes patrones de prevalencia según el sexo. Tanto el dolor de espalda como el dolor lumbar en los niños se asoció con sobrepeso u obesidad, mientras que en las niñas se asoció con un mayor desarrollo puberal. Las características del dolor de espalda también se asociaron con el peso y el estado de maduración, independientemente del sexo, encontrando una mayor frecuencia y limitación de las AVD (Actividades de la Vida Diaria) entre los participantes más desarrollados o con sobrepeso / obesidad.

Otro factor asociado a las desalineaciones sagitales de la columna vertebral ha sido la edad. Así, en el presente estudio, para la curva dorsal en flexión del tronco se encontró que los escolares mayores de 9 años presentan una probabilidad del 72,3% de sufrir una desalineación sagital. Cuando se analizan los resultados predictivos en función del sexo se observa que la edad es un factor asociado a la curva dorsal en la flexión del tronco en las niñas, de tal forma que las niñas mayores de 9 años de edad presentaban una probabilidad del 72,2% de sufrir una desalineación sagital. Hay que tener en cuenta que las curvaturas sagitales dorsal y lumbar en flexión del tronco aumentan con la edad, algo que también puede estar condicionado por la pérdida de extensibilidad de la musculatura isquiosural con el paso de los años. Por otro lado, es necesario tener en cuenta que a la par que las curvas sagitales se modifican con la edad, la movilidad de la columna disminuye.

En este sentido cabe destacar el estudio longitudinal de Widhe (2001) con niños de 5-6 años a los que valora posteriormente a los 15-16 años. Los resultados muestran como la postura cambia de forma significativa durante el crecimiento, aumentando la cifosis torácica y la lordosis (tabla 66).

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, observa 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 ($r=0,21$; $p<0,05$).

Tabla 66. Valores de las curvaturas dorsal y lumbar. Tomado de Widhe (2001).

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

Otro factor asociado a las desalineaciones sagitales de la columna vertebral ha sido la disposición de la pelvis. La pelvis tiene una notable implicación en el morfotipo de las curvaturas raquídeas, por lo que será necesario cuantificar el grado de inclinación pélvica en las diferentes posiciones. Santonja (1996) propone medir el ángulo lumbo-vertebral al valorar la máxima flexión del tronco en bipedestación y el lumbo-horizontal al valorarlo estando sentado con las rodillas extendidas. También propone valorar la disposición de la pelvis en la postura de sedentación a través del ángulo L-H SA y en la postura de bipedestación a través del ángulo de inclinación pélvica (BIP Sacro-Vertical) (Santonja et al, 2022).

En el presente estudio, la disposición de la pelvis se ha encontrado como variable asociada para la curva dorsal en sedentación asténica, mientras que para la curva lumbar se ha encontrado como variable asociada en bipedestación, sedentación asténica y en la flexión máxima del tronco. Para la curva dorsal en sedentación, se encontró que los escolares que tenían el ángulo L-H SA superior a 104,5° presentaban una probabilidad del 46,0% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva lumbar en bipedestación se encontró que los escolares que tenían valores mayores a 18,5° en el ángulo SACRO-VERTICAL presentan una probabilidad del 81,7% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva lumbar en sedentación se encontró que los escolares que presentan valores por encima de 96,5° en el ángulo L-H SA presentaban una probabilidad del 46,0% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva lumbar en flexión del tronco se encontró que los escolares que tenían el ángulo L-H fx mayores a 104,5° y el ángulo L-H SA superior a 98,5° tienen una probabilidad del 77,5% y del 62,6% respectivamente, de sufrir una desalineación sagital.

Finalmente, destacar que el resultado del test DD-P ha sido una variable asociada a la desalineación para la curva dorsal en flexión del tronco de tal forma que los escolares que tenían valores menores de -2,5 cm en el test Distancia Dedos-Planta presentaban una probabilidad del 82,4% de sufrir una desalineación sagital. Mientras que para la curva lumbar en flexión del tronco los escolares que tenían valores menores de -7,5 cm presentan una probabilidad del 52,2% de sufrir una desalineación sagital.

Cejudo (2022) en una muestra de 201 escolares (103 niños y 98 niñas) de 10-12 años, analiza la influencia de la extensibilidad de los isquiosurales, del psoas iliaco y del sóleo como factores de riesgo asociados a la desalineación sagital de la columna vertebral, cuantificando las curvaturas sagitales en bipedestación relajada, sedentación asténica y flexión máxima del tronco a través del inclinómetro y evaluando la extensibilidad de la musculatura a través del rango de movimiento.

De forma general, los resultados del estudio de Cejudo (2022 a) muestran como la extensibilidad de la musculatura isquiosural tiene influencia en la alineación raquídea en máxima flexión del tronco y en sedentación asténica, mientras que la extensibilidad del psoas iliaco influye en la alineación raquídea en bipedestación y en sedentación asténica.

Cuando analiza los resultados en función del sexo, observa como el ROM mostró una mayor influencia en la alineación sagital de la columna vertebral en los niños en comparación con las niñas.

Hay que tener en cuenta que Cejudo (2022) cuantifica la extensibilidad isquiosural a través del ROM, quedando definida la cortedad por los siguientes valores $\leq 35^\circ$ y $\leq 37^\circ$ para la dorsiflexión del tobillo (Sóleo), $\leq 11^\circ$ y $\leq 17^\circ$ para la extensión de cadera (Psoas Iliaco), y $\leq 65^\circ$ y $\leq 77^\circ$ para la flexión de cadera con rodilla extendida (Isquiosurales) en niños y niñas, respectivamente.

Las diferencias en los valores del ROM en función del sexo han sido observadas en estudios previos (Espada et al., 2007; Liyanage et al., 2020) con valores superiores siempre en las chicas. Sin embargo, estos trabajos no establecen valores de referencia o puntos de corte para el ROM que discriminen a los escolares que tienen un mayor riesgo de desalineación sagital del raquis.

En las tablas 67 y 68 se observan los valores medios de ROM obtenidos en el estudio de Cejudo (2022) en función de si los escolares presentan una curvatura aumentada o dentro de la normalidad.

Para la curva dorsal, observó una relación significativa entre la cortedad isquiosural y la del psoas iliaco. Así, en relación a la musculatura isquiosural observó que aquellos escolares que presentaban valores aumentados en máxima flexión del

tronco para la curva dorsal tenían valores más bajos de extensibilidad ($p=0,003$; $g=moderada$). Mientras que en relación al psoas iliaco observó que aquellos escolares que presentaban mayor curva dorsal en bipedestación ($p=0,048$; $g=pequeño$) y sedentación ($p=0,026$; $g=pequeño$) tenían valores más bajos de flexibilidad.

En contraste, para la curva lumbar observó que los niños que presentaban curvaturas más elevadas en sedentación ($p=0,031$; $g=grande$) y en máxima flexión del tronco ($p=0,004$; $g=moderado$), presentaban mayores valores de extensibilidad isquiosural. Mientras que, en las niñas, una curva lumbar aumentada en bipedestación se relacionó con la cortedad del psoas iliaco ($p=0,005$; $g=moderada$).

Tabla 67. Extensibilidad de la musculatura isquiosural, psoas iliaco y sóleo para los niños con curvatura sagital normal o con desalineación. Tomado de Cejudo (2022).

| Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural (°) | | | | | | |
|--|-------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|----------------|
| | | Normal | n | Desalineación | n | p valor |
| Dorsal | BIP_Dorsal | 68,6 ± 8,7 | 36 | 67,6 ± 9,1 | 67 | 0,573 |
| | SED_Dorsal | 69,1 ± 8,5 | 56 | 66,6 ± 9,3 | 47 | 0,150 |
| | FLXT_Dorsal | 71,4 ± 10,1 | 40 | 65,8 ± 7,4 | 63 | 0,003* |
| Lumbar | BIP_Lumbar | 70,0 ± 8,7 | 37 | 66,8 ± 8,9 | 66 | 0,092 |
| | SED_Lumbar | 66,4 ± 8,1 | 62 | 77,2 ± 10,1 | 31 | 0,031* |
| | FLXT_Lumbar | 66,0 ± 8,7 | 64 | 71,2 ± 8,4 | 39 | 0,004* |
| Extensibilidad del Psoas Iliaco (°) | | | | | | |
| | | Normal | n | Desalineación | n | p valor |
| Dorsal | BIP_Dorsal | 15,3 ± 8,2 | 36 | 12,2 ± 6,5 | 67 | 0,048 * |
| | SED_Dorsal | 15,0 ± 7,1 | 56 | 11,8 ± 7,1 | 47 | 0,026 * |
| | FLXT_Dorsal | 13,8 ± 6,8 | 40 | 13,4 ± 7,5 | 63 | 0,767 |
| Lumbar | BIP_Lumbar | 14,3 ± 7,5 | 37 | 13,1 ± 7,1 | 66 | 0,439 |
| | SED_Lumbar | 14,3 ± 7,5 | 62 | 12,4 ± 6,6 | 41 | 0,204 |
| | FLXT_Lumbar | 13,1 ± 7,4 | 64 | 14,4 ± 6,8 | 39 | 0,339 |
| Extensibilidad del Sóleo (°) | | | | | | |
| | | Normal | n | Desalineación | n | p valor |
| Dorsal | BIP_Dorsal | 36,2 ± 6,2 | 36 | 36,2 ± 7,3 | 67 | 0,973 |
| | SED_Dorsal | 36,9 ± 6,4 | 56 | 35,3 ± 7,4 | 47 | 0,220 |
| | FLXT_Dorsal | 36,2 ± 7,6 | 40 | 36,1 ± 6,5 | 63 | 0,948 |
| Lumbar | BIP_Lumbar | 37,4 ± 6,6 | 37 | 35,5 ± 7,1 | 66 | 0,167 |
| | SED_Lumbar | 36,0 ± 6,7 | 62 | 36,4 ± 7,4 | 41 | 0,795 |
| | FLXT_Lumbar | 35,9 ± 7,6 | 64 | 36,7 ± 5,7 | 39 | 0,523 |

* Diferencias significativas

La potencia estadística de la muestra se calculó retrospectivamente para las variables en las que se encontraron diferencias significativas entre los grupos de clasificación utilizando los parámetros de entrada tamaño de la muestra, nivel alfa $p < 0,05$, tamaño del efecto ($g = -1,215$ a $0,720$; tablas 67 y 68) para la prueba de análisis multivariante de la varianza (MANOVA). Las variables analizadas mostraron una potencia estadística de 0,73 para el ROM de extensión de cadera (Psoas Iliaco) en la clasificación de la curva torácica en Sedentación Asténica y de 0,80 para la el ROM de extensión de cadera (HE) (psoas iliaco) en la clasificación de la curva torácica en Bipedestación Relajada en los niños. Mientras que para las niñas encontró un valor de 0,88 en la clasificación de la curva lumbar en Bipedestación Relajada.

Tabla 68. Extensibilidad de la musculatura isquiosural, psoas iliaco y sóleo para las niñas con curvatura sagital normal o con desalineación. Tomado de Cejudo (2022).

| Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural (°) | | | | | | |
|--|-------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|----------------|
| | | Normal | n | Desalineación | n | p valor |
| Dorsal | BIP_Dorsal | 77,0 ± 10,4 | 36 | 73,7 ± 8,8 | 62 | 0,096 |
| | SED_Dorsal | 75,6 ± 10,2 | 37 | 74,5 ± 9,1 | 61 | 0,606 |
| | FLXT_Dorsal | 75,8 ± 9,2 | 48 | 74,1 ± 9,8 | 50 | 0,400 |
| Lumbar | BIP_Lumbar | 74,3 ± 7,3 | 23 | 75,1 ± 10,1 | 75 | 0,700 |
| | SED_Lumbar | 70,3 ± 9,7 | 41 | 73,9 ± 9,1 | 67 | 0,098 |
| | FLXT_Lumbar | 75,3 ± 9,7 | 65 | 74,3 ± 9,2 | 33 | 0,635 |
| Extensibilidad del Psoas Iliaco (°) | | | | | | |
| | | Normal | n | Desalineación | n | p valor |
| Dorsal | BIP_Dorsal | 14,9 ± 7,9 | 36 | 14,4 ± 6,9 | 62 | 0,728 |
| | SED_Dorsal | 14,5 ± 8,3 | 37 | 14,6 ± 6,6 | 61 | 0,993 |
| | FLXT_Dorsal | 14,4 ± 7,2 | 48 | 14,8 ± 7,4 | 50 | 0,776 |
| Lumbar | BIP_Lumbar | 18,3 ± 7,6 | 23 | 13,5 ± 6,8 | 75 | 0,005 * |
| | SED_Lumbar | 14,7 ± 6,7 | 31 | 14,5 ± 7,6 | 67 | 0,897 |
| | FLXT_Lumbar | 13,8 ± 6,6 | 65 | 16,2 ± 8,4 | 33 | 0,121 |
| Extensibilidad del Sóleo (°) | | | | | | |
| | | Normal | n | Desalineación | n | p valor |
| Dorsal | BIP_Dorsal | 37,7 ± 7,4 | 36 | 37,6 ± 6,3 | 61 | 0,920 |
| | SED_Dorsal | 37,6 ± 6,8 | 36 | 37,6 ± 6,7 | 61 | 0,994 |
| | FLXT_Dorsal | 36,6 ± 6,0 | 47 | 38,5 ± 7,2 | 50 | 0,165 |
| Lumbar | BIP_Lumbar | 39,8 ± 6,4 | 23 | 36,9 ± 6,6 | 74 | 0,076 |
| | SED_Lumbar | 37,6 ± 6,9 | 31 | 37,6 ± 6,6 | 66 | 0,963 |
| | FLXT_Lumbar | 37,1 ± 6,3 | 65 | 38,8 ± 7,3 | 32 | 0,213 |

* Diferencias significativas

La potencia estadística para el ROM de flexión de cadera con rodilla extendida (HF-KE) (isquiosurales) fue de 0,97 en la clasificación de la curva torácica en Máxima Flexión del Tronco; y de 0,99 en la clasificación de la curva lumbar en Sedentación Asténica y de 0,90 en la clasificación de la curva lumbar en Sedentación Asténica y Máxima Flexión del Tronco en los niños.

El análisis multivariante reveló diferencias entre las medias de HE ($F=3,052$; $p=0,009$; $\eta^2 = \text{grande}$) y HF-KE ($F=2,400$; $p=0,034$; $\eta^2 = \text{grande}$) y las de las curvas torácica y lumbar. El análisis univariante reveló diferencias entre las medias de la dorsiflexión del tobillo y la curva lumbar en Bipedestación ($F=5,207$; $p=0,025$; $\eta^2 = \text{pequeña}$); entre las medias de HE y la curva torácica en Sedentación Asténica ($F=8,923$; $p=0,004$; $\eta^2 = \text{mediana}$) y la curva lumbar en Bipedestación ($F=5,9021$; $p=0,017$; $\eta^2 = \text{mediana}$); y entre las medias de HF-KE y la curva torácica en Sedentación Asténica ($F=5,282$; $p=0,024$; $\eta^2 = \text{pequeña}$).

Por último, los resultados mostraron que la extensibilidad del Psoas Iliaco (HE) ($p \leq 0,028$; $OR \geq 1,066$) predijo la clasificación de la curva torácica en Sedentación Asténica (OR pequeña) y Bipedestación Relajada (OR media) en el caso de los niños, y la clasificación de la curva lumbar en Bipedestación Relajada en las niñas, mientras que la extensibilidad de la musculatura isquiosural (HF-KE) ($p \leq 0,006$; $OR \geq 1,089$ (pequeña)) predijo la clasificación de la curva torácica en Máxima Flexión del Tronco y la clasificación de la curva lumbar en Máxima Flexión del Tronco y Sedentación Asténica en los niños.

En base a sus resultados Cejudo (2022) concluye que tanto la cortedad de la musculatura isquiosural como del psoas iliaco están asociadas de forma significativa a las desalineaciones sagitales del raquis, mientras que esta asociación no se ha visto reflejada con el sóleo. Por ello, recomienda que los profesores de educación física incluyan ejercicios de estiramiento para aumentar y mantener los valores de extensibilidad isquiosural y psoas iliaco y prevenir las desalienaciones sagitales en las primeras etapas de la vida.

6. CONCLUSIONES

Valoración de la disposición sagital de la columna vertebral en escolares de 3 a 12 años de edad.

1ª. En la valoración de la disposición sagital del raquis en escolares existen diferencias significativas en función del sexo en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación. De igual manera, se observan diferencias entre niños y niñas en la disposición de la pelvis en las tres posiciones analizadas. Así, las niñas presentan mayores valores de lordosis lumbar en bipedestación y mayores valores del ángulo Sacro-Vertical en bipedestación. Por el contrario, los niños presentan mayores valores en la curva dorsal en las tres posiciones, mayores valores de cifosis lumbar en flexión del tronco y sedentación, y mayores valores de retroversión de la pelvis en flexión del tronco y en sedentación.

2ª. Cuando se analizan los resultados en función del curso/etapa y ciclo, se encuentran diferencias significativas en todas las variables excepto para la curva dorsal en bipedestación y disposición de la pelvis en bipedestación y en flexión máxima del tronco. De tal forma que, aunque hay una tendencia a que todas las variables aumenten con la edad, esta tendencia no se ve reflejada para las curvas dorsal y lumbar en sedentación ni para la curva lumbar en flexión del tronco donde la tendencia es a ser menor conforme pasan los años. En relación a la pelvis, encontramos mayores valores de retroversión al estar sentado en la etapa de Infantil.

3ª. Cuando se comparan los valores medios del plano sagital de la columna vertebral según la etapa y ciclo diferenciando entre sexos se encuentran diferencias significativas en todas las etapas y ciclos, aunque el número de variables donde se encuentran diferencias significativas es mayor conforme aumenta la edad de los escolares. Así, en la etapa de infantil sólo hay diferencias en la disposición de la pelvis en posición de sedentación, con mayores valores de retroversión en los niños. Sin embargo, tanto en el 1er como en el 2º ciclo de Primaria, las niñas presentan mayor grado de lordosis lumbar en bipedestación y una pelvis más en anterversión, mientras que los niños presentan mayores valores de cifosis dorsal y lumbar en sedentación y una mayor retroversión de la pelvis tanto en sedentación como en flexión del tronco. Además, en el 2º ciclo de Primaria los niños presentan mayor cifosis lumbar en flexión del tronco.

4ª. La curva mas estable que se modifica menos con la edad y con el sexo es la curva dorsal en bipedestación.

5ª. Tras analizar los morfotipos raquídeos en las diferentes curvaturas, se observa un porcentaje de normalidad del 74,9% para la curva dorsal y del 84,6% para la curva lumbar en bipedestación, que se reduce al 56,2% para la curva dorsal y al 82,4% para la curva lumbar en sedentación y del 65% para la curva dorsal y del 67,9% para la curva lumbar en flexión máxima del tronco. Cuando se analizan los resultados en función del sexo, las niñas presentan un mayor número de rectificación dorsal y de hiperlordosis lumbar en bipedestación, mientras que los niños presentan un mayor número de hipercifosis dorsales y

de hipolordosis lumbar. En sendentación y en flexión del tronco, los niños presentan un mayor número de morfotipos hipercifóticos tanto en la curva dorsal como en la lumbar. Mientras que las niñas presentan un mayor número de morfotipos dosales rectificadas.

6º. Tras analizar los morfotipos raquídeos en las diferentes curvaturas en función de la etapa y ciclo, se observan diferencias significativas en las 3 etapas en sedentación y flexión del tronco. Sin embargo, hay que tener en cuenta que mientras que para la curva dorsal aumenta el número de morfotipos hipercifóticos conforme aumenta la edad, en sedentación y en flexión del tronco, aumenta el porcentaje de normalidad para la curva lumbar, pero con un aumento de los morfotipos hipercifóticos en el 1er ciclo de Primaria para la curva lumbar en flexión del tronco.

7ª. Cuando se analizan los morfotipos raquídeos en función de la etapa/ciclo y sexo, se observa una mayor frecuencia de morfotipos hiperlordóticos conforme aumenta la edad en las niñas y una menor frecuencia de estos morfotipos en los niños conforme aumenta la edad.

“Morfotipo Sagital Integral” de la columna vertebral en escolares de 3 a 12 años de edad.

8ª. Cuando se analiza el “Morfotipo Sagital Integral”, se observa como la frecuencia de normalidad para la curva dorsal y lumbar disminuye considerablemente en comparación con la normalidad encontrada si solo se analiza la postura en bipedestación. Para la curva dorsal se han encontrado tan sólo un 27,2% de morfotipos dentro de la normalidad, un 32,7% de morfotipos hipercifóticos, un 22,2% de hipercifosis funcional dorsal y un 17,4% de cifosis hipomóvil. Mientras para la curva lumbar el 38,9% de los escolares presentan el morfotipo dentro de la normalidad, el 46% presentan hipercifosis funcional lumbar y el 9,5% actitud hiperlordótica.

9ª. Cuando se analiza el “Morfotipo Sagital Integral” en función del sexo, se observan diferencias significativas. En concreto, las niñas presentan mayor porcentaje de curva dorsales normales (31,8% versus 22,2%) y los niños presentan mayor porcentaje de cifosis hipomóvil (19,6% versus 15,3%) e hipercifosis (34,8% versus 30,7%). Mientras para la curva lumbar las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (43,4% versus 34,1%) y un mayor porcentaje del morfotipo “actitud hiperlordótica” (15,3% versus 3%), y los niños presentan mayor porcentaje de “hipercifosis funcionales lumbares” (57,7% versus 35,3%).

10ª. Cuando se analiza el “Morfotipo Sagital Integral” para la curva dorsal en función de la etapa/ciclo, se observa en Infantil un mayor porcentaje de “HiperCIFOSIS” en posiciones estáticas (21,1%) y de “Cifosis Hipomóvil” (47,4%). En el 1er Ciclo de Primaria se observa el mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” (30,2%) y un mayor porcentaje de “HiperCIFOSIS Funcional Dorsal” (17,9%), mientras que en el 2º Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de morfotipos “HiperCIFÓTICOS” (35%) y especialmente en la subcategoría de “HiperCIFOSIS Totales” (22,6%).

11ª. Cuando se analiza el “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar en función de la etapa/ciclo, se observa en Infantil un mayor porcentaje de “Lordosis Hipomóvil” (10%) y de “HiperCIFOSIS Funcional Lumbar” (50%) y especialmente en la subcategoría de “HiperCIFOSIS Funcional en estática” (40%). En el 1er Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de “HiperCIFOSIS Funcional Lumbar” (52,5%) y especialmente de la subcategoría de “HiperCIFOSIS Funcional Lumbar total” (27,7%) y de “HiperCIFOSIS Funcional Lumbar dinámica” (10,9%). Por otro lado, en el 2º Ciclo de Primaria se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la “Normalidad” (42,7%), de “Actitud Hiperlordótica” (11%) y de “HiperCIFOSIS Funcional Lumbar” (41,5%).

12ª. Cuando se analizan estos resultados en función de la etapa, ciclo y el sexo, se observan diferencias significativas en el “Morfotipo Sagital Integral” para la curva lumbar y para la etapa/ciclo de 2º Ciclo de Primaria. En concreto, para las chicas se observa un mayor porcentaje de morfotipos dentro de la

“Normalidad” (47,5% versus 38,1%), de “Actitud Hiperlordótica” (21,3% versus 1,2%) y de “Hiper movilidad Lumbar” (3,8% versus 0%). Mientras que para los chicos se observa un mayor porcentaje de morfotipos de “Hiper cifosis Funcional Lumbar” (55,9% versus 26,3%).

Extensibilidad de la musculatura isquiosural en escolares de 3 a 12 años de edad.

13^a. Los resultados del presente estudio, muestran porcentajes bajos de normalidad. Así, con el test DD-P se observa un 47,8% de escolares dentro de la normalidad y un 52,5% de escolares con cortedad. Cuando se analizan estos resultados en función del sexo, se observan diferencias significativas ($p=0,000$). En concreto, las niñas presentan un mayor porcentaje de normalidad (64,7% versus 9,8%) y los niños un mayor porcentaje de cortedad (90,2% versus 35,3%). Dentro de los escolares con cortedad, el 79,9% de los niños presentan cortedad isquiosural grado I y el 10,3% de los niños cortedad grado II. Mientras que las niñas presentan el 26,6% cortedad grado I y el 8,7% tienen cortedad grado II.

14^a. Cuando se analizan los resultados en función del curso/etapa y ciclo se observa como se va perdiendo extensibilidad isquiosural conforme aumenta la edad y el curso. Las diferencias son significativas en el test distancia dedos-planta pasando de un valor de 4,5 cm en la Etapa de Infantil a -5,4 cm en el 2^o Ciclo Primaria. Mientras que en la maniobra L-Hfx se pasa de un valor de 94,1° en la Etapa de Infantil a 102,1° en el 2^o Ciclo Primaria. Esta tendencia se mantiene cuando se analizan los datos teniendo en cuenta la etapa/ciclo y el sexo.

Factores de riesgo que predisponen a las desalineaciones del plano sagital de la columna vertebral en escolares de 3 a 12 años de edad.

15^a. Para la curva dorsal en bipedestación se encontró como variable asociada el IMC, de tal forma que los escolares que presentan valores por encima de 20,2 para el IMC presentan una probabilidad del 59,1% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva lumbar en bipedestación se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en bipedestación (Sacro-Vertical), de tal forma que los escolares que tienen valores mayores a 18,5° en BIP SACRO-VERTICAL presentan una probabilidad del 81,7% de sufrir una desalineación sagital.

16^a. Para la curva dorsal en sedentación asténica se encontraron como variables asociadas el IMC y la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA), de tal forma que los escolares que presentan valores por encima de 16,2 para el IMC tienen una probabilidad del 75% de sufrir una desalineación sagital. Además, aquellos escolares que presentan valores por encima de 104,5° en el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 46,0% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva lumbar en sedentación se encontró como variable asociada la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA), de tal forma que los escolares que presentan valores por encima de 96,5° en el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 46,0% de sufrir una desalineación sagital.

17^a. Para la curva dorsal en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la EDAD y el test distancia dedos-planta (DD-P), de tal forma que los escolares mayores de 9 años presentan una probabilidad del 72,3% de sufrir una desalineación sagital. Además, los escolares que presentan valores menores de -2,5 cm en el test Distancia Dedos-Planta, presentan una probabilidad del 82,4% de sufrir una desalineación sagital. Para la curva lumbar en flexión del tronco se encontraron como variables asociadas la EDAD, el IMC, la disposición de la pelvis en sedentación (L-H SA), la disposición de la pelvis en flexión del tronco (Lumbo-Horizontal FX) y el test distancia dedos-planta (DD-P). De tal forma que, los escolares menores a 10 años presentaban una probabilidad del 43,7% de presentar una desalienación sagital, mientras que los escolares que presentan IMC mayores de 18,4 presentan una probabilidad del 72,4% de sufrir una desalineación sagital. Por otro lado, aquellos escolares que presenta valores mayores a 104,5° en el ángulo L-H fx y a 98,5° en el ángulo L-H SA presentan una probabilidad del 77,5% y del 62,6% respectivamente, de sufrir una desalineación sagital. Por último, los escolares que presentan valores menores de -7,5 cm en el test Distancia Dedos-Planta, presentan una probabilidad del 52,2% de sufrir una desalineación sagital.

18^a. Cuando se analizan los factores predictivos en función del sexo, se observan factores similares para la curva lumbar en bipedestación (BIP Sacro-Vertical), la curva dorsal en sedentación (L-H SA), y en la curva lumbar en flexión del tronco para la DD-P.

y, 19^a. En los niños influye más el IMC (factor predictivo para la curva dorsal en bipedestación y para la curva lumbar en flexión del tronco) y la edad que influye en la curva dorsal en bipedestación. Además, los valores en el test DD-P influyen también en la curva dorsal en bipedestación. Mientras que en las chicas la edad influye en las curvas dorsal y lumbar en la flexión del tronco y el ángulo L-H fx en la curva lumbar en flexión del troco.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Hamid, O.A., Bassiouni, H., Koutri, R., Nijs, J., Geusens, P., y Dequeker J. (1994). Aging of the thoracic spine: distinction between wedging in osteoarthritis and fracture in osteoporosis: a cross-sectional and longitudinal study. *Bone*, 15(4), 437-442.
- 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.
- Adams, M.A., Mannion, A.F., y Dolan, P. (1999). Personal risk factors for first-time low back pain. *Spine*, 24(23), 2497-2505.
- Aguado, X. (1995). *Educación postural de tareas cotidianas en la enseñanza primaria. Una visión ergonómica*. [Tesis doctoral]. I.N.E.F.C. Universidad de Barcelona.
- Akamaru, T., Kawahara, N., Tim Yoon, S., Minamide, A., Su Kim, K., Tomita, K., y Hutton, W.C. (2003). Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments: a biomechanical analysis. *Spine*, 28(14), 1560-1566.
- 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.
- Alvero, J.R., Santonja Medina, F., Sanz-Menguíbar, J.M., Sainz de Baranda, P. (2021) The Sagittal Integral Morphotype in Male and Female Rowers. *Int J Environ Res Public Health*, 18(24): 12930.
- Andújar, P. (2010). *Prevalencia de las desalineaciones del raquis en edad escolar en el Municipio de Murcia*. [Tesis doctoral]. Universidad de Murcia.
- Andújar, P., y 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.
- Antoniades, S.B., Hammerberg, K.W., y Dewald, R.L. (2000). Sagittal plane configuration of the sacrum in spondylolisthesis. *Spine*, 25(9), 1085-1091.
- Apley, A.G. (1977). *Systems of orthopaedics and fractures*. 5ª ed. Londres: Butterworths.
- Araújo, F.A., Martins, A., Alegrete, N., Howe, L.D., y Lucas, R. (2017). A shared biomechanical environment for bone and posture development in children. *The Spine Journal*, 17(10), 1426-1434.
- Arjmand, N., Shirazi-Adl, A., y Bazrgari, B. (2006). Wrapping of trunk thoracic extensor muscles influences muscle forces and spinal loads in lifting tasks. *Clinical Biomechanics*, 21(7), 668-675.

Ashton-Miller, J.A. (2004). Thoracic hyperkyphosis in the young athlete: a review of the biomechanical issues. *Current Sports Medicine Report*, 3, 47-52.

Auvinen, J., Tammelin, T., Taimela, S., Zitting, P., y Karppinen, J. (2008). Associations of physical activity and inactivity with low back pain in adolescents. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18(2), 188-194.

Ávila-Ramírez, J., y Reyes-Rodríguez, V.A. (2009). La obesidad y el sobrepeso, su efecto sobre la columna lumbar. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 10(3), 220-223.

Ayala, F., Sainz de Baranda, P., de Ste Croix, M., y Santonja, F. (2012). Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 5(2), 57-66.

Bado, J.L. (1977). *Dorso Curvo*. Montevideo: Artecolor.

Bado, J.L., Barros, P.C., Ruiggero, A., y 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*, 49 (1), 328-337.

Bado, J.L., y Barros, P.C. (1967). Fisiopatología de la columna vertebral. Dorso Curvo. *El día médico uruguayo*, XXXIII (405), 1173-1200.

Balagué, F., Troussier, B., y Salminen, J.J. (1999). Nonspecific low back pain in children and adolescents: risk factors. *European Spine Journal*, 8, 429-438.

Balagué, F., Troussier, B., y Salminen, J.J. (1999). Nonspecific low back pain in children and adolescents: risk factors. *European Spine Journal*, 8, 429-438.

Bićanin P., Milenković S., Radovanović D., Gajević A., y Ivanović J. (2017). Postural disorders in preschool children in relation to gender. *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport*, 15(1), 1-10.

Biering-Sorensen, F. (1984). Physical Measurements as Risk Indicator for Low-Back Trouble Over a One Year Period. *Spine*, 9(2), 106-119.

Black, K.M., McClure, P., y Polansky, M. (1996). The influence of different sitting positions on cervical and lumbar posture. *Spine*, 21(1), 65-70.

Boseker, H., Moe, H., Winter, R.B., y Koop, E. (2000). Determination of "Normal" thoracic kyphosis: a reontgenographic study of 121 "Normal" children. *Spine*, 20(6), 796-798.

Bradford, D.S. (1995). Juvenile Kyphosis. En D.S. Bradford, J.E. Lonstein, J.W. Ogilvie, R.B. Winter (Eds.), *Moe's Textbook of scoliosis and other spinal deformities* (pp. 349-367). Philadelphia: W.B. Saunders Co.

Bramble, D.M., y Lieberman, D.E. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*, 432, 345-352.

Brodersen, A., Pedersen, B., y Reimers, J. (1993). Foot deformities and relation to the length of leg muscles in Danish children aged 3-17 years. *Ugeskrift for Laeger*, 155, 3914.

Busquet, M. (2001). *Las cadenas musculares (Tomo I, II, III)*. Barcelona: Paidotribo.

Cailliet, R. (1990). *Síndromes dolorosos: Dorso. Manual moderno*. México: Ediciones Manual Moderno.

Callaghan, J.P., y Dunk, N.M. (2002). Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spine muscles during short duration slumped sitting. *Clinical Biomechanics*, 17, 353-360.

Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (1998). Time varying postures, muscular activity, and low back joint loading during unsupported sitting. *North American Congress on Biomechanics*, 14-18, Waterloo, Ontario: Canada.

Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (2001a). Intervertebral disk herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clinical Biomechanics*, 16(1), 28-37.

Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (2001b). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44(3), 280-294.

Campbell, K., y Lakie, M. (2020). A cross-bridge mechanism can explain the thixotropic short-range elastic component of relaxed frog skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 510(Pt 3), 941-962.

Cejudo, A. (2022). Lower-Limb Range of Motion Predicts Sagittal Spinal Misalignments in Children: A Case-Control Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5193.

Cejudo, A., Centenera-Centenera, J.M., Santonja-Medina, F. (2021). Sagittal Integral Morphotype of Competitive Amateur Athletes and Its Potential Relation with Recurrent Low Back Pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8262.

Cejudo, A., Centenera-Centenera, J.M., y Santonja-Medina, F. (2021). The Potential Role of Hamstring Extensibility on Sagittal Pelvic Tilt, Sagittal Spinal Curves and Recurrent Low Back Pain in Team Sports Players: A Gender Perspective Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), 8654.

Chernukha, K.V., Daffner, R.H., y Reigel, D.H. (1998). Lumbar lordosis measurement. A new method versus Cobb technique. *Spine*, 23(1), 74-79.

Chopin, D., y David, T. (1989). Cyphoses pathologiques, *Enciclopedia Médico Quirúrgica. Aparato Locomotor*, 15872, A10, 10.

Christie, H.J., Kumar, S., y Warren, S. A. (1995). Postural aberrations in low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(3), 218-224.

Cil, A., Yazici, M., Uzumcugil, A., Kandemir, U., Alanay, A., Alanay, Y., Acaroglu, E., y Surat, A. (2004). The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine*, 30(1), 93-100.

Cohen, S.P., y Raja, S.N. (2007). Pathogenesis, diagnosis, and treatment of lumbar zygapophysial (facet) joint pain. *Anesthesiology*, 106(3), 591-614.

Collazo, M. (2015). *Morfotipos Sagitales del Raquis en Población Escolar en la Región de Murcia*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.

Cosentino, R. (1985). *Raquis: semiología con consideraciones clínicas y terapéuticas*. Buenos Aires: El Ateneo.

Croisier, J.L., Forthomme, B., Namurois, M.H., Vanderthommen, M., y Crielaard, J.M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203.

Culham, E.G., Jimenez, H.A., y King, C.E. (1994). Thoracic kyphosis, rib mobility, and lung volumes in normal women and women with osteoporosis. *Spine*, 19(11), 1250-1255.

De Carvalho, D.E., Soave, D., Ross, K., y Callaghan, J.P. (2010). Lumbar spine and pelvic posture between standing and sitting: a radiologic investigation including reliability and repeatability of the lumbar lordosis measure. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 33, 48-55.

Dejanovic, A., Harvey, E., Andersen, J., y McGill, S.M. (2012). Do Anthropometric Measures Influence Torso Muscle Endurance Profiles of Children Aged 7 to 14?. *Advances in Physical Education*, 2(4), 187-196.

Descamps, H., Commare-Nordmann, M.C., Marty, C., Hecquet, J., y Duval-Beaupère, G. (1999). Modification of pelvic angle during the human growth [in French]. *Biométrie Humaine et Anthropologie*, 17, 59-63.

Di Bari, M., Chiarlone, M., Matteuzzi, D., Zacchei, S., Pozzi, C., Bellia, V., Tarantini, F., Pini, R., Masotti, G., y Marchionni, N. (2004). Thoracic kyphosis and ventilatory dysfunction in unselected older persons: an epidemiological study in Dicomano, Italy. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(6), 909-915

Dimeglio, A., Hérisson, C.H., y Simon, L. (1995). *Les cyphoses: de l'enfant à l'adulte*. Paris: Masson.

- Doers, T.M., y Kang, J.D. (1999). The biomechanics and biochemistry of disc degeneration. *Current Opinion in Orthopedics*, 10(2), 117-121.
- Dolphens, M., Cagnie, B., Coorevits, P., Vleeming, A., Vanderstraeten, G., y Danneels, L. (2014). Classification system of the sagittal standing alignment in young adolescent girls. *European Spine Journal*, 23(1), 216–225.
- Dolphens, M., Cagnie, B., Coorevits, P., Vleeming, A., y Danneels, L. (2013). Classification system of the normal variation in sagittal standing plane alignment. *Spine*, 38 (16), E1003–E1012.
- Esola, M.A., McClure, P.W., Fitzgerald, G.K., y 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.
- Espada, D., Montesinos, J., y Vicente, J. (2007). Diferencias en las amplitudes articulares entre varones y mujeres en edad escolar. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 42(153), 13–25.
- Farfan, H.F., Huberdeau, R.M., y Dubow, H.I. (1972). Lumbar intervertebral disc degeneration: the influence of geometrical features on the pattern of disc degeneration- -a post mortem study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 54(3), 492-510.
- Ferguson, S.J., y Steffen, T. (2003). Biomechanics of the aging spine. *Eur Spine J.*, 12(Suppl 2): S97-S103.
- Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la Cortedad Isquiosural sobre la Pelvis y el Raquis Lumbar*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.
- Fisk, J.W., Baigent, M.L., y Hill, P.D. (1984). Scheuermann's disease. Clinical and radiological survey of 17 and 18 years old. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63(1), 18-30.
- Fukuyama, S., Nakamura, T., Ikeda, T., y Takagi, K. (1995). The effect of mechanical stress on hypertrophy of the lumbar ligamentum flavum. *Journal of Spinal Disorders*, 8, 126-130.
- Green, E.M., y 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., y 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. y 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.

Hamill, J., y Knutzen, K.M. (1995). *Biomechanical Basic of Human Movement*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Harreby, M., Nygaard, B., Jessen, T., Larsen, E., Storr-Paulsen, A., Lindahl, A., Fisker, I., y Laegaard, E. (1999). Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish school children: An epidemiologic study. *European Spine Journal*, 8(6), 444-450.

Harrison, D.D., Cailliet, R., Janik, T.J., Troyanovich, S.J., Harrison, D.E., y Holland, B. (1998). Elliptical modeling of the sagittal lumbar lordosis and segmental rotation angles as a method to discriminate between normal and low back pain subjects. *Journal of Spinal Disorders*, 11(5), 430-439.

Harrison, D.E., Colloca, C.J., Harrison, D.D., Janik, T.J., Haas, J.W., y Keller, T.S. (2005). Anterior thoracic posture increases thoracolumbar disc loading. *European Spine Journal*, 14(3), 234-242.

Hartig, D.E., y Henderson, J.M. (1999). Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *American Journal of Sports Medicine*, 27(2), 173-176.

Hedman, T.P., y Fernie, G.R. (1997). Mechanical response of the lumbar spine to seated postural loads. *Spine*, 22(7), 734-743.

Hellström, M., Jacobsson, B., Swärd, L., y Peterson, L. (1990). Radiologic abnormalities of the thoraco-lumbar spine in athletes. *Acta Radiologica*, 31, 127-132.

Hernández Martínez I. (2017). Nuevo ángulo sacro-vertical para la medición clínica y radiológica de la versión de la pelvis [trabajo fin de grado]. [Murcia]: Universidad de Murcia.

Hollingsworth, P. (1996). Back pain in children. *British Journal of Rheumatology*, 35, 1022-1028.

Hopkins, W.G., Marshall, S.W., Batterham, A.M., y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13.

Hurtado-Avilés, J., Roca-González, J., y Santonja-Medina, F. (2015). Hypothesis about an existent biomechanical cause-effect relationship between Schœuermann's kyphosis and scoliosis. *Medical hypotheses*, 85(1), 94-98.

Jackson, J., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R.V., y Harris, M. (2001). Multifidus EMG and tension-relaxation recovery after prolonged static lumbar flexion. *Spine*, 26(7), 715-723.

Jackson, R.P., Phipps, T., Hales, C., y Surber, J. (2003). Pelvic lordosis and alignment in spondylolisthesis. *Spine*, 28(2), 151-160.

Jackson, R.P., y McManus, A.C. (1994). Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine*, 19(14), 1611-1618.

Kado, D.M., Huang, M.H., Barrett-Connor, E., y Greendale, G.A. (2005). Hyperkyphotic posture and poor physical functional ability in older community-dwelling men and women: The Rancho Bernardo study. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(5), 633-637.

Kaneko, H., y Horie, J. (2012). Breathing movements of the chest and abdominal wall in healthy subjects. *Respiratory Care*, 57(9), 1442-1451.

Kapandji, I.A. (1983). *Cuadernos de Fisiología Articular. Tronco y raquis*. (Tomo 3º). Barcelona: Masson.

Kell, R., y Bhambhani, Y. (2008). Relationship between erector spinae muscle oxygenation via in vivo near infrared spectroscopy and static endurance time in healthy males. *European Journal of Applied Physiology*, 102, 243-250.

Keller, T.S., Colloca, C.J., Harrison, D.E., Harrison, D.D., y Janik, T.J. (2005). Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *The Spine Journal*, 5(3), 297-309.

Keller, T.S., Harrison, D.E., Colloca, C.J., Harrison, D.D., y Janik, T.J. (2003). Prediction of osteoporotic spinal deformity. *Spine*, 28, 455-462.

Kendall, F.P., y Kendall, E. (1985). *Músculos: pruebas y funciones* (2ª ed). Barcelona: JIMS.

Kett, A., Milani, T., y Sichting, F. (2021). Sitting for Too Long, Moving Too Little: Regular Muscle Contractions Can Reduce Muscle Stiffness During Prolonged Periods of Chair-Sitting. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 760533.

Kirby, R., y Roberts, J.A. (1985). *Introductory Biomechanics*. Ithaca, NY: Movement Publications.

Kobayashi, T., Atsuta, Y., Matsuno, T., y Takeda, N. (2004). A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. *Spine*, 29(6), 671-676.

Kujala, U.M., Taimela, S., y Oksanen, A. (1997). Lumbar mobility and low back pain during adolescence. *American Journal of Sports Medicine*, 25, 363-368.

Kumar, M.N., Baklanov, A., y Chopin, D. (2001). Correlation between sagittal plane changes and adjacent segment degeneration following lumbar spine fusion. *European Spine Journal*, 10(4), 314-319.

Lambrinudi, C. (1934). Adolescent and senile kiphosis. *British Medical Bulletin*, 2, 800-804.

Lauerma, W.C., Platenberg, R.C., Cain, J.E., y Deeney, V.F. (1992). Age-related disk degeneration: preliminary report of a naturally occurring baboon model. *Journal of Spinal Disorders*, 5(2), 170-174.

Lengsfeld, M., Frank, A., Van Deursen, D.L., y Griss, P. (2000). Lumbar spine curvature during office chair sitting. *Medical Engineering and Physics*, 22(9), 665-669.

LeVeau, B.F., y Bernhardt, D.B. (1984). Developmental biomechanics. Effect of forces on the growth, development, and maintenance of the human body. *Physical Therapy*, 64(12), 1874-1882.

Link, C., Nicholson, G., Shaddeau, S., Birch, R., y Gossman, R.S. (1990). Lumbar curvature in standing and sitting in two types of chairs: relationship of hamstring and hip flexor muscle length. *Physical Therapy*, 70(10), 611-618.

Liyanage, E., Krasilshchikov, O., Arhashim, H., y Jawis, N. (2020). Prevalence of hamstring tightness and hamstring flexibility of 9–11 years old children of different obesity and physical activity levels in Malaysia and Sri Lanka. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(Supplement issue 1), 338–343

Llanos, L.F., y 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.

López-Miñarro, P.A., Sainz de Baranda, P., Rodríguez-García, P.L., y Ortega, E. (2007). A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 456-462.

Lord, M.J., Small, J.M., Dinsay, J.M., y Watkins, R.G. (1997). Lumbar lordosis: effects of sitting and standing. *Spine*, 22(21), 2571-2574.

Martínez-Romero, M.T. (2021). *Programa ISQUIOS: Estudio de la Salud de la Espalda a través de Redes de Inteligencia Artificial en Escolares de 6 a 16 años*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia.

Mauricienè, V., y Bačiulienè, K. (2005). Spine's sagittal plane curves' coherence with anthropometric parameters in schoolchildren. *Journal Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 3, 25-29.

Mayer T.G., Tencer A.F., Kristoferson S., y Mooney V. (1984) Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range-of-motion in normal subjects and chronic low-back dysfunction patients. *Spine* 9(6), 588-595.

McGill, S.M. (1997b). Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 34(4), 448-458.

McGill, S.M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.

McGill, S.M., Hughson, R.L., y Parks, K. (2000). Lumbar erector spinae oxygenation during prolonged contractions: implications for prolonged work. *Ergonomics*, 43(4), 486-493.

McKenzie, R.A. (1981). *The Lumbar Spine: Mechanical Diagnosis and Therapy*. Waikanae, NZ: Spinal publications.

Mierau, D., Cassidy, J.D., y Yong-Hing, K. (1989). Low-Back pain and straight in children and adolescents. *Spine* 14(5), 526-528.

Milne, R.A., y Mierau, D.R. (1979). Hamstring Distensibility in the General Population: Relationship to Pelvic and Back Stresses. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 2(3), 146-150.

Miralles, R.C., y Puig, M. (1998). Columna vertebral. En R.C. Miralles (Ed.). *Biomecánica clínica del aparato locomotor*. (pp.171-198). Barcelona: Masson.

Mohseni-bandpei, M.A., y Bagheri-nesami, M. (2007). Nonspecific low back pain in 5000 Iranian. *Children*, 27(2), 126-129.

Molina-García, P. (2019). *Biomechanics of Childhood Obesity: Implications for the Musculoskeletal System and Role of Physical Exercise*. [Tesis doctoral]. Universidad de Granada.

Molina-García, P., Miranda-Aparicio, D., Ubago-Guisado, E., Alvarez-Bueno, C., Vanrenterghem, J., y Ortega, F.B. (2021). The Impact of Childhood Obesity on Joint Alignment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 101(7), pzab066.

Molina-García, P., Plaza-Florido, A., Mora-Gonzalez, J., Torres-Lopez, L.V., Vanrenterghem, J., y Ortega, F.B. (2020). Role of physical fitness and functional movement in the body posture of children with overweight/obesity. *Gait Posture*, 80, 331-338.

Moya-Ramón, M., Juan-Recio, C., Lopez-Plaza, D., y Vera-Garcia, F.J. (2018). Dynamic trunk muscle endurance profile in adolescents aged 14-18: Normative values

for age and gender differences. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(1), 155-162.

Mula, A., y Sainz de Baranda, P. (1998). Efectos de la aplicación de programas de estiramientos sobre la musculatura isquiosural en escolares: revisión bibliográfica. *JUMP*, 1, 53-66.

Murray, D.W., y Bulstrode, C.J. (1996). The development of adolescent idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 5(4), 251-257.

Murray, P.M., Weinstein, S.L., y Spratt, K.F. (1993). The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 75-A(2), 236-248.

Nachemson, A., y Morris, J.M. (1964). In vivo measurements of intradiscal pressure. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 46, 1077-1092.

Nathan, M., Pope, M.H., y Grobler, L.J. (1994). Osteophyte formation in the vertebral column: a review of the etiologic factors—Part II. *Contemporary Orthopaedics*, 29(2), 113-119.

Negrini, S., Aulisa, L., Ferraro, C., Frascini, P., Masiero, S., Simonazzi, P., Tedeschi, C., y Venturin A. (2005). Italian guidelines on rehabilitation treatment of adolescents with scoliosis or other spinal deformities. *Europa Medicophysica*, 41(2), 183-201.

O'Sullivan, P.B. (2004). Clinical instability of the lumbar spine: its pathological basis, diagnosis and conservative management. En J. Boyling, G. Jull (Eds.). *Grieve's Modern Manual Therapy*. 3 ed. Singapore: Churchill Livingstone.

O'Sullivan, P.B., Grahamslaw, K.M., Kendell, M.M., Lapenskie, S.C., Möller, N.E., y Richards, K.V. (2001). The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain free population. *4th Interdisciplinary World Congress on Low Back & Pelvic Pain* (pp. 180-183), Montreal.

Oda, I., Cunningham, B.W., Buckley, R.A., Goebel, M.J., Haggerty, C.J., Orbegoso, C.M., y McAfee, P.C. (1999). Does spinal kyphotic deformity influence the biomechanical characteristics of the adjacent motion segments? An in vivo animal model. *Spine*, 24(20), 2139-2146.

Öhlen, G., Wredmark, T., y Spangfort, E. (1989b). Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine*, 14(8), 847-850.

Panjabi, M.M. (1985). *The human spine: story of its Biomechanical Functions*. Biomechanics IX-A, 219-223, Champaign: Human Kinetics.

Panjabi, M.M. (1992). The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, 5(4), 383-389.

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.

Penha, P.J., Casarotto, R.A., Sacco, I.C.N., Marques, A.P., y 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.

Polga, D.J., Beaubien, B.P., Kallemeier, P.M., Schellhas, K.P., Lew, W.D., Buttermann, G.R., y Wood, K.B. (2004). Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29(12), 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.

Poussa, M.S., Heliövaara, M.M., Seitsamo, J.T., Könönen, M.H., Hurmerinta, K.A., y Nissinen, M.J. (2005). Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *European Spine Journal*, 14(8), 738-742.

Proske, U., y Morgan, D. (1999). Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? (1999). *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 20(5-6), 433-442.

Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T.E., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Micheli, L., Myklebust, G., Roos, E., Roos, H., Schamasch, P., Shultz, S., Werner, S., Wojtys, E., y Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 394-412.

Ridola, C., Palma, A., Ridola, G., Sanfilippo, A., Almasio, P.L., y Zummo, G. (1994). Changes in the lumbosacral segment of the spine due to overweight in adults. Preliminary remarks. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 99(3), 133-143.

Risser, J.C. (1958). The iliac apophysis: An invaluable sign in the management of scoliosis. *Clinical Orthopaedic*, 11, 11-119.

Rodríguez, 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.

Roncarati, A., y 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.

Roussouly, P., Gollogly, S., Berthonnaud, E., y 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.

Roussouly, P., y Nnadi, C. (2010). Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. *European Spine Journal*, 19(11), 1824-1836.

Rusnák R., Kolarova M., Aštaryová I., y Kutiš P. (2019). Screening and Early Identification of Spinal Deformities and Posture in 311 Children: Results from 16 Districts in Slovakia. *Rehabilitation Research and Practice*, 2019, 4758386.

Ryan, S.D., y Fried, L.P. (1997). The impact of kyphosis on daily functioning. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(12), 1479-86.

Sahrmann, S.A. (2002). *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. Missouri: Mosby, Inc.

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., Andújar, P., Collazo-Diéguez, M., Pastor, A., Santonja-Renedo, F., Martínez-Romero, M.T., Aparicio-Sarmiento, A., Cejudo, A., Rodríguez-Ferrán, O., y Santonja-Medina, F. (2020 a). Sagittal standing spinal alignment and back pain in 8 to 12-year-old children from the Region of Murcia, Spain: The ISQUIOS Program. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 33(6), 1003-1014.

Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Ayala, F., y 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, 16-21.

Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Martínez-Romero, M.T., Aparicio-Sarmiento, A., Rodríguez-Ferrán, O., Collazo-Diéguez, M., Hurtado-Avilés, J., Andújar, P., y Santonja-Medina, F. (2020 b). Sitting Posture, Sagittal Spinal Curvatures and Back Pain in 8 to 12-Year-Old Children from the Region of Murcia (Spain): ISQUIOS Programme. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2578.

Sainz de Baranda, P., Cejudo, A., Moreno-Alcaraz, V.J., Martínez-Romero, M.T., Aparicio-Sarmiento, A., y Santonja-Medina, F. (2020 c). Sagittal spinal morphotype assessment in 8 to 15 years old Inline Hockey players. *PeerJ*, 8:e8229.

Sainz de Baranda, P., Rodríguez, P.L., Santonja, F., y Andújar, P. (2006). *La columna vertebral del escolar*. Sevilla: Wanceulen.

Sainz de Baranda, P., Rodríguez, P.L., y Santonja, F. (2010). Efectos sobre la disposición sagital del raquis de un programa de Educación Postural en Educación Física de Primaria. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 102, 119-133.

Sainz de Baranda, P., Santonja, F., y Rodríguez-Iniesta, M. (2009). Valoración de la disposición sagital del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, V(16), 21-33.

Sakai, T., Sairyō, K., Suzue, N., Kosaka, H., y Yasui, N. (2010). Incidence and etiology of lumbar spondylolysis: review of the literature. *Journal of Orthopaedic Science*, 15(3), 281-288.

Salem, W., Coomans, Y., Brismée, J.M., Klein, P., Sobczak, S., y Dugailly, P.M. (2015). Sagittal thoracic and lumbar spine profiles in upright standing and lying prone positions among healthy subjects: influence of various biometric features. *Spine*, 40(15), E900-908.

Salminen, J. J., Oksanen, A., Maki, P., Pentti, J., y 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 schoolchildren. *International Journal Sports Medicine*, 14, 406-410.

Salminen, J. J., Pentti, J., y Terho, P. (1992). Low back pain and disability in 14-year-old schoolchildren. *Acta Paediatrica*, 81, 1035-1039.

Salter, N. (1955). Methods of measurement of muscle and joint function. *Journal Bone Joint Surgery*, 37-B (3), 474-491.

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. (1992). Reconocimiento del aparato locomotor durante la edad escolar. En F. Santonja, e I. Martínez. (Coords.). *Valoración médico deportiva del escolar* (pp. 259-277). Murcia: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Murcia.

Santonja, F. (1993). *Exploración clínica y radiográfica del raquis sagital. Sus correlaciones*. Premio SOMUCOT-1991. Murcia: Universidad de Murcia.

Santonja, F. (1996). 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., Andújar, P., y 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., y 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., y Martínez, I. (1995 b). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*, 4(2), 81-91.

Santonja, F., Pastor, A., y Serna, L. (2000). Valoración radiográfica de las desalineaciones sagitales del raquis. *Selección*, 9(4), 216-229.

Santonja, F., y 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., y Martínez-Herrada, J. (1992). Clínica y exploración de las alteraciones axiales del raquis y pelvis. En F. Santonja, e I. Martínez (eds.), *Valoración médico-deportiva del escolar* (pp.207-221). Murcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Murcia.

Santonja, F., y Pastor, A. (2003). Cortedad isquiosural y actitud cifótica lumbar. *Selección*, 12(3), 150-154.

Santonja, F. y Pastor, A. (2000). Cifosis y lordosis. En J.M. Arribas, J.R. Castelló, N. Rodríguez, F. Santonja, y N. Plazas (eds.), *Cirugía Menor y Procedimientos en Medicina de Familia*, [volumen 1] (pp. 783-792). Madrid: Jarpyo Editores.

Santonja-Medina, F., Collazo-Diéguez, M., Martínez-Romero, M., Rodríguez-Ferrán, O., Aparicio-Sarmiento, A., Cejudo, A., Andújar, P., y Sainz de Baranda, P. (2020). Classification System of the Sagittal Integral Morphotype in Children from the ISQUIOS Programme (Spain). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 2467.

Santonja Medina, F. y Andújar Ortuño, P. (2022). Escoliosis. En: Santonja Medina, F. *Manual de Exploración Musculoesquelética*. (pp. 23-34). Madrid: Panamericana.

Santonja Medina, F., y Hernández Martínez, I. (2022). Desalineaciones de la pelvis y patología sacroiliaca. En: Santonja Medina, F. *Manual de Exploración Musculoesquelética*. (pp. 35-48). Madrid: Panamericana.

Santonja Medina F, Andújar Ortuño P y Sainz de Baranda P. (2022). Desalineaciones sagitales del raquis. En: Santonja Medina, F. *Manual de Exploración Musculoesquelética*. (pp. 49-59). Madrid: Panamericana.

Santonja Medina F, Ferrer López V, Santonja Renedo S, Cejudo A, Sainz de Baranda P. (2022). Cortedad isquiosural y Síndrome de isquiosurales Cortos. En: Santonja Medina, F. *Manual de Exploración Musculoesquelética*. (pp. 201-10). Madrid: Panamericana.

Sato, K., Kikuchi, S., y Yonezawa, T. (1999). In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24(23), 2468-2474.

Saur P.M., Ensink F.B., Frese K., Seeger D., y Hildebrandt J. (1996) Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine* 21, 1332-1338.

Schlegel, J.D., Smith, J.A., y Schlessener, R.L. (1996). Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine*, 21(8), 970-981.

Schlösser, T.P., Vincken, K.L., Rogers, K., Castelein, R.M., y Shah, S.A. (2015). Natural sagittal spino-pelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt. *European Spine Journal*, 24(6), 1158-1167.

Scrutton, D. (1991). The causes of developmental deformity and their implication for seating. *Prosthetics and Orthotics International*, 15, 199-202.

Serna, L., Santonja, F., y Pastor, A. (1996). Exploración clínica del plano sagital del raquis. *Selección*, 5(2), 36-50.

Simunic, I., Broom, D., y Robertson, P. (2001). Biomechanical factors influencing nuclear disruption of the intervertebral disc. *Spine*, 26 (11), 1223-1230.

Sinaki, M., Brey, R.H., Hughes, C.A., Larson, D.R., y Kaufman, K.R. (2005). Balance disorder and increased risk of falls in osteoporosis and kyphosis: significance of kyphotic posture and muscle strength. *Osteoporosis International*, 16(8), 1004-1010.

Smith, A., O'Sullivan, P., y 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.

Söderman, K., Alfredson, H., Pietilä, T., y Werner, S. (2001). Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surgery Sports Tarumatology, Arthroscopy*, 9(5), 313-321.

Somhegyi, A., y Ratko, I. (1993). Hamstring Tightness and Scheuermann's Disease. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(1), 44.

Stagnara, P. (1987). *Deformaciones del raquis*. Barcelona: Masson.

Standaert, C.J., y Herring, S.A. (2000). Spondylolysis: a critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 34,415-422.

Steinberg, E.L., Luger, E., Arbel, R., Menachem, A., y Dekel, S. (2003). A comparative roentgenographic analysis of the lumbar spine in male army recruits with and without lower back pain. *Clinical Radiology*, 58(12), 985-989.

Sward, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*, 13(5), 357-364.

Takata, K., y Takahashi, K. (1994). Hamstring tightness and sciatica in young patients with disc herniation. *Journal Bone and Joint Surgery*, 76(B), 220-224.

Tüzün C., Yorulmaz I., Cindas A., y Vatan S. (1999). Low back pain and posture. *Clinical Rheumatology*, 18, 308-312.

Umehara, S., Zindrick, M.R., Patwardhan, A.G., Havey, R.M., Vrbos, L.A., Knight, G.W., Miyano, S., Kirincic, M., Kaneda, K., y Lorenz, M.A. (2000). The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. *Spine*, 25(13), 1617-1624.

Van Dieën, J.H., Van der Burg, P., Raaijmakers, T.A., y Toussaint, H.M. (1998). Effects of repetitive lifting on kinematics: inadequate anticipatory control or adaptive changes?. *Journal of Motor Behavior*, 30, 20-32.

Vernon-Roberts, B., Moore, R.J., y Fraser, R.D. (2007). The natural history of age-related disc degeneration: the pathology and sequelae of tears. *Spine*, 32(25), 2797-804.

Visser, B., y Van Dieën, J. (2006). Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(1), 1-16.

Voutsinas, S.A., y MacEwen, G.D. (1986). Sagittal profiles of the spine. *Clinical Orthopaedic*, 210, 235-242.

Weber, J., y Pusch C.M. (2008). The lumbar spine in Neanderthals shows natural kyphosis. *European Spine Journal*, 17(Sup. 2), 327-330.

Wen, L., Lin, Xiang, Li, C., Zhao, Y., Yu Z., y Han, X. (2022). Sagittal imbalance of the spine is associated with poor sitting posture among primary and secondary school students in China: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23, 98.

White, A.A.P.P. (1990). *Clinical Biomechanics of the Spine*. Ch 6 2nd Ed Philadelphia, New York: Lippincot-Raven Publishers.

Widhe, T. (2001). Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal*, 10(2), 118-123.

Wilke, H. J., Neef, P., Hinz, B., Seidel, H., y Claes, L. E. (2001). Intradiscal pressure together with anthropometric data-a data set for the validation of models. *Clinical Biomechanics*, 1, S111-S126.

Wilke, H.J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T., y Claes, L.E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24(8), 755-762.

Wiltse, L.L., Widell, E.H., Jr., y Jackson, D.W. (1975). Fatigue fracture: the basic lesión is inthmic spondylolisthesis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American volumen*, 57(1), 17-22.

Yingling, V.R., Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (1997). Dynamic loading affects the mechanical properties and failure site of porcine spines. *Clinical Biomechanics*, 12(5), 301-305.

Zaina, F., Atanasio, S., Ferraro, C., Fusco, C., Negrini, A., Romano, M., y 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.

