



UNIVERSIDAD DE MURCIA
DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN PLÁSTICA,
MUSICAL Y DINÁMICA

Influencia de la Práctica del Tenis sobre
las Curvaturas Sagitales del Raquis y la
Extensibilidad Isquiosural en Deportistas
Adolescentes

D. Antonio Joaquín García Vélez

2015



UNIVERSIDAD DE MURCIA

DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN PLÁSTICA, MUSICAL Y DINÁMICA

Área de Didáctica de la Expresión Corporal

Facultad de Educación

Influencia de la práctica del tenis sobre las curvaturas sagitales del raquis y la extensibilidad isquiosural en deportistas adolescentes.

Tesis doctoral presentada por:

Antonio Joaquín García Vélez

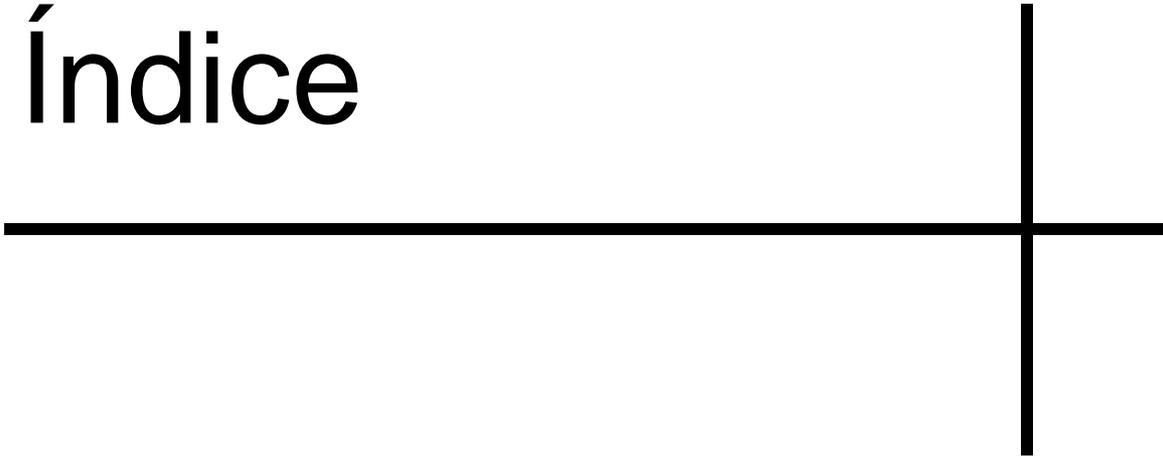
Dirigida por:

Pedro Ángel López Miñarro

Universidad de Murcia

Murcia, octubre de 2015

Índice



1. MARCO TEÓRICO.	9
1.1. ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA.	11
1.2. PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA EN ESPAÑA.	15
1.3. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA SOBRE LAS ESTRUCTURAS CORPORALES EN DIFERENTES DISCIPLINAS DEPORTIVAS.	24
1.3.1. Morfotipo raquídeo en función de la modalidad deportiva.	27
1.3.2. Relación entre morfotipo raquídeo, rendimiento deportivo y calidad de vida.	33
1.3.3. Extensibilidad isquiosural y práctica deportiva.	39
1.3.4. Efecto agudo del entrenamiento.	45
1.4. RELACIÓN LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA DEL TENIS Y LAS ESTRUCTURAS CORPORALES.	48
1.4.1. Análisis de la técnica del tenis.	48
1.4.2. Estudios relacionados con la práctica del tenis y los efectos sobre las estructuras corporales.	57
2. OBJETIVOS.	59
3. MATERIAL Y MÉTODO.	63
3.1. MUESTRA.	65
3.2. PROCEDIMIENTOS.	65
3.2.1. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en bipedestación.	68
3.2.2. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en bipedestación en autocorrección.	70
3.2.3. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en máxima extensión en bipedestación.	70
3.2.4. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en sedentación relajada.	71
3.2.5. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en máxima flexión de tronco desde sedentación.	72

3.2.6.	Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en decúbito prono.	73
3.2.7.	Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en test de distancia dedos-planta.	74
3.2.8.	Curva dorsal, curva lumbar y posición de la pelvis en el test dedos-suelos).	75
3.2.9.	Valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en el test de elevación de la pierna recta pasivo.	77
3.2.10.	Valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural mediante el test de elevación de la pierna recta activo.	78
3.3.	ENTRENAMIENTO DEL EXPLORADOR	80
3.3.1.	Pruebas de fiabilidad intraexplorador	80
3.4.	ANÁLISIS DE LOS DATOS	82
4.	RESULTADOS.	83
4.1.	VALORES DE FIABILIDAD INTRAEXPLORADOR	85
4.2.	BIPEDESTACIÓN.	85
4.3.	SEDENTACIÓN.	89
4.4.	DECÚBITO PRONO Y MÁXIMA EXTENSIÓN DEL TRONCO EN BIPEDESTACIÓN.	91
4.5.	TEST DE DISTANCIA DEDOS SUELO Y DEDOS PLANTA.	92
4.6.	TEST DE ELEVACIÓN DE LA PIERNA RECTA ACTIVO Y PASIVO.	96
5.	DISCUSIÓN.	99
5.1.	FIABILIDAD EN LAS MEDICIONES CON SPINAL MOUSE®.	101
5.2.	ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN BIPEDESTACIÓN.	102
5.3.	ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN SEDENTACIÓN.	109
5.4.	ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS	111

EN MÁXIMA FLEXIÓN DE TRONCO CON RODILLAS EXTENDIDAS.	
5.5. ANÁLISIS DE LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL.	116
5.5.1. Datos de la extensibilidad isquiosural en test lineales.	116
5.5.2. Datos de la extensibilidad isquiosural en test angulares.	118
5.6. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO SOBRE LAS CURVATURAS DEL RAQUIS EN EL PLANO SAGITAL.	123
5.7. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO SOBRE LA EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL.	126
6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.	129
7. PERSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN.	133
8. CONCLUSIONES.	137
9. BIBLIOGRAFÍA.	143
10. ANEXOS.	173

Marco teórico

1.1. ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA.

1.2. PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA EN ESPAÑA.

1.3. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA SOBRE LAS ESTRUCTURAS CORPORALES EN DIFERENTES DISCIPLINAS DEPORTIVAS.

1.4. RELACIÓN LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA DEL TENIS Y LAS ESTRUCTURAS CORPORALES.

1.1. ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA.

El movimiento es el máximo exponente que define la vitalidad en el ser humano, siendo una manifestación esencial de la actuación del hombre en el medio que le rodea, y que se remonta a los comienzos de su existencia.

El movimiento es un elemento básico de relación con el entorno, que abarca desde las formas más sencillas carentes de intencionalidad, hasta manifestaciones altamente organizadas y complejas, como la práctica deportiva, donde los procesos cognitivos adquieren alta significación.

La vertiente cualitativa de las actividades físicas es un aspecto básico bajo la consideración de que los movimientos realizados tengan una finalidad intrínsecamente relacionada con lo corporal o, por el contrario, no tengan por finalidad el tratamiento del propio cuerpo y busquen otra serie de objetivos externos.

Marcos Becerro (1989), citando a Caspersen, Powell y Christenson (1985) señala que *"la actividad física no es otra cosa que un movimiento de algunas estructuras corporales originado por la acción de los músculos esqueléticos, y del cual se deriva un determinado gasto de energía. El ejercicio físico supone una subcategoría de la anterior, pues posee los requisitos de haber sido concebida para ser llevada a cabo de forma repetida, con el fin de mantener o mejorar la forma física"*.

Según Grosser, Hermann, Tusker y Zintl (1991) el ejercicio físico *"es un movimiento que requiere un proceso complejo y orientado en un objetivo"*. Estas definiciones se caracterizan por presentar una serie de elementos comunes:

- Orientación consciente hacia un objetivo, persiguiendo el cumplimiento de una tarea motriz en la que los aspectos cognitivos figuran en un primer plano.
- Complejidad de condiciones anatómicas y energéticas, de procesos de dirección y regulación fisiológica y cognitiva.
- Presencia de retroalimentaciones constantes de los movimientos realizados, así como del resultado de la actividad.

La salud en los tiempos modernos se plantea como algo más que una lucha contra la enfermedad, entendiendo ésta como el *"resultado de una agresión ambiental, de tipo biológico, físico-químico o psico-social, por lo que el proceso generador de enfermedades está en función de una realidad social históricamente determinada que incide tanto en la calidad de vida como en la calidad del medio ambiente y de la cultura"* (Antó & Martí, 1977).

La salud puede ser considerada desde varios puntos de vista. Marcos Becerro (1989) identifica diferentes tipos de salud:

- Salud física: relacionada con el buen funcionamiento de los órganos y sistemas corporales.
- Salud mental: relacionada con el buen funcionamiento de los procesos mentales del sujeto.
- Salud individual: estado de salud física o mental de un individuo concreto.
- Salud colectiva: consideraciones de salud en una colectividad o grupo social importante.
- Salud ambiental: estado de salud de elementos de la naturaleza y otras especies en relación con la especie humana.

Dentro de los factores que mediatizan la consecución de una adecuada calidad de vida, la actividad física y el deporte contribuyen de forma decisiva al bienestar de la sociedad (Gaspar de Matos & Sardinha, 1999; Puig, 1998; Sardinha, 1999). No hay duda que una práctica de actividad física realizada de acuerdo con una frecuencia, intensidad y duración adecuadas está encuadrada dentro de los modelos o estilos saludables de vida (Gutiérrez, 2000). Por otro lado, es importante destacar que existen investigaciones cuyas conclusiones señalan que la práctica de actividad física establece relaciones significativas con otros hábitos saludables dentro del continuo de estilos de vida saludables. Casimiro (1999), así como Castillo y Balaguer (2001) encuentran una asociación directa entre un hábito de práctica física, buenos índices de condición física, adecuados hábitos de higiene corporal y una alimentación equilibrada.

La actividad física debe dirigirse a un proceso de acondicionamiento con el fin de conseguir o mantener un determinado estado de condición o aptitud física que, tal y como queda definida en el Diccionario de las Ciencias del Deporte (1992) tiene que ver con el nivel de cualidades o capacidades de resistencia, fuerza, velocidad y flexibilidad, que son lo que se denominan habitualmente como cualidades o capacidades físicas básicas.

De esta forma, se puede afirmar que las capacidades físicas básicas son el término general que designa los diferentes factores que sustentan la condición física (Castañer & Camerino, 1993).

El acondicionamiento físico es el hecho de ejercitarse para desarrollar o incrementar los diferentes factores o capacidades físicas básicas, con objeto de elevar o mantener la condición o aptitud física del individuo. Dependiendo de la intencionalidad de la ejercitación se puede hablar bien de *acondicionamiento físico general*, mediante la cual se consigue un grado de condición física de carácter general, que atiende a unos grados básicos de desarrollo, a una actuación deportiva y, de actividad física general con un carácter amplio y polivalente, o bien de *acondicionamiento físico específico*, que propicia un desarrollo concreto y particular en relación con un deporte o una actividad física específica.

Un análisis comparativo entre las condiciones para el rendimiento motor o acondicionamiento físico específico y la condición física relacionada con la salud, diferenciaría las siguientes cualidades y/o capacidades para cada uno de ellos (tabla 1).

Tabla 1. Componentes principales de la condición física reorientada hacia la salud.
Tomado de Pate (1988)

CONDICIÓN MOTRIZ	CONDICIÓN FÍSICA/SALUD
- Agilidad	
- Potencia	
- Resistencia cardiorrespiratoria	- Resistencia cardiorrespiratoria
- Fuerza y resistencia muscular	- Fuerza y resistencia muscular
- Composición corporal	- Composición corporal
- Flexibilidad	- Flexibilidad
- Velocidad	
- Equilibrio	

1.2. PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA EN ESPAÑA.

El deporte moderno, siendo un fenómeno genuino de esta época, encuentra sus raíces en los juegos de sociedades pretéritas, cooperando incluso en el desarrollo de las mismas. Si se desea buscar la paternidad del deporte contemporáneo es preciso acudir a los juegos antiguos. Según Álvarez del Palacio (2000) *"... lo que resulta incuestionable es que los juegos y deportes al aire libre que hoy se practican en nuestro entorno social y que, en parte, son considerados como una conquista de los primeros años del siglo XX, ya eran practicados en la España del XVI, considerada en aquellos tiempos como el emporio de toda suerte de juegos"*. Este planteamiento es avalado por otros estudiosos e investigadores humanistas, pertenecientes a todos los campos del saber científico: Cagigal, Diem, Laín Entralgo, Piernavieja, Rodrigo Caro, etc.

Por tanto, se puede afirmar que el deporte es hijo del juego. En esta línea de pensamiento, la esencia del deporte entronca con la del juego. Puede decirse incluso, que la actividad deportiva es una decantación de la actividad lúdica. De hecho, los juegos de la etapa infantil son la antesala de los deportes de la juvenil. *"Solo el deporte es capaz, gracias a los estímulos que le son peculiares, de mantener en el juego movido a esa juventud más madura sometida a profundos cambios espirituales. Si no llegara a ampliarse, convirtiéndose en deporte, el juego no podría cumplir su función innegable de formación y entrenamiento del hombre en desarrollo"* (Eppensteiner, 1973). Es decir, en un principio se encuentra el juego, como actividad libre y placentera, y posteriormente la actividad lúdica desembocará en la actividad deportiva.

El fenómeno deportivo ha sido tratado como parte inseparable de la cultura a lo largo de diferentes etapas históricas (Mata, 2002). Dicho fenómeno comparte, manifiesta, reproduce y configura los valores predominantes en el contexto socio-cultural donde se reproduce, donde los valores que acompañan la llamada *"cultura deportiva"* no son atemporales y asociales, sino que han evolucionado históricamente, acompañando las transformaciones ocurridas en la sociedad entendida holísticamente (Sánchez & Sánchez, 2001).

Siendo la práctica físico-deportiva uno de los factores más destacados dentro de los llamados estilos de vida saludables, es fundamental analizar los intereses y motivaciones que llevan a la población a su práctica o al abandono de la misma.

Actualmente, como muestran diferentes investigaciones (Corcuera & Villate, 1992; García Ferrando, 1990, 1993, 1997; García Montes, 1997; Hernández Rodríguez, 1999), existe un elevado interés por parte de los españoles hacia el deporte. Resultados similares son los obtenidos en el estudio sobre los hábitos deportivos publicado por el C.I.S. (2010), donde un 62,5% manifiesta un alto interés hacia el deporte, un 24,7% alega poco interés y el 12,7% no tiene interés alguno hacia el deporte. Por el contrario, este interés manifestado en las diferentes investigaciones realizadas por García Ferrando (1991, 2001a; 2001b, 2010) (tabla 2), se contradice con la escasa práctica deportiva puesta de manifiesto en dichas encuestas. Al respecto, Añó (1995) señala que *"estas diferencias entre el interés y el nivel de práctica de los españoles tiene una justa correspondencia con la disponibilidad de tiempo libre y con las instalaciones y medios de que se dispone"*.

Tabla 2. Evolución del interés de los españoles por el deporte (1975- 2000)
(García Ferrando, 2000; 2011).

Interés por el deporte	1975 (%)	1980 (%)	1985 (%)	1990 (%)	2000 (%)	2005 (%)	2010 (%)
Mucho	18	15	20	23	18	18	21
Bastante	32	33	39	42	42	43	42
Poco	22	27	25	23	25	27	25
Nada	28	22	15	11	15	12	12
N.C.	-	2	1	1	-	-	-

En la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Hellín (2003) analizó el interés hacia la práctica físico-deportiva, encontrando que un 28% manifiesta mucho interés hacia la misma, un 36% bastante interés, un 28% poco interés, y finalmente un 7% que no interés alguno hacia la práctica deportiva. Por otro lado, el grado de interés por el deporte y el nivel de práctica

físico-deportiva se relacionan directamente, donde el 43% y el 42,6% de los que practican, manifiestan mucho y bastante interés por el deporte (tabla 3). Además, los que afirman tener poco interés por el deporte tienden hacia la práctica de actividades físico-deportivas de carácter individual; en cambio, las de carácter colectivo son practicadas, sobre todo, por los que manifiestan mucho interés por el deporte (31,7%).

Tabla 3. Distribución porcentual del interés hacia el deporte según la práctica físico-deportiva (Hellín, 2003).

Interés	Sí practica (%)	No practica (%)	Total (%)
Mucho	43,0*	13,8*	27,9
Bastante	42,6*	31,2*	36,8
Poco	13,2*	41,0*	27,6
Nada	0,9*	12,9*	7,1
Ns/Nc	0,2	1	0,6

Los bajos niveles de práctica de actividad físico-deportiva son más acusados en las mujeres. Gili-Planas y Ferrer-Pérez (1994), en su investigación sobre el nivel de actividad físico-deportiva en las mujeres y los varones, señalan que las mujeres son más sedentarias porque no les gusta la competición, buscando objetivos a más largo. Sin embargo, en los varones, al disfrutar con el ejercicio por el hecho de realizar una competición, reciben un refuerzo inmediato que mantiene su adherencia a dicha actividad. También son las mujeres las que realizan más ejercicio por prescripción médica. Por el contrario, los varones priorizan la diversión como cualidad de la actividad a realizar (Blasco, Capdevilla, Pintanel, Valiente & Cruz, 1996).

En un estudio realizado con universitarios almerienses, los varones mostraban mayor interés por la práctica de actividad físico-deportiva que las mujeres, si bien esta diferencia es menor conforma se comparan a varones y mujeres de mayor edad (Ruiz, García & Hernández, 2001).

En el estudio de Hellín (2003), sobre el interés hacia la práctica físico-deportiva, el 65,3% de los que afirmaban tener interés hacia el deporte eran

varones. Sin embargo, el 62,9% y el 74,7% de los que manifiestan poco o ningún interés por el deporte, correspondía a mujeres (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución porcentual del interés hacia el deporte según género (Hellín, 2003).

Género	Mucho (%)	Bastante (%)	Poco (%)	Nada (%)	Total (%)
Varón	65,3	55,3	37,1	25,3	50,9
Mujer	34,7	44,7	62,9	74,7	49,1

Como señalan varios estudios (Blasco et al., 1996; Sánchez-Barrera, Pérez & Godoy, 1995), aquellas personas que desarrollan hábitos de práctica físico-deportiva a edades tempranas, serán más proclives a realizarla durante etapas posteriores de su vida. Sin embargo, aquellas que han mostrado un estilo de vida sedentario, tienen mayor probabilidad de ser inactivos durante el resto de su vida.

El Informe de la Juventud en España (INJUVE, 2012), señala que desde el 2004 ha crecido la práctica deportiva, debido posiblemente más a la proliferación de gimnasios y actividades relacionadas con el fitness, que con el deporte colectivo *amateur* (tabla 5). García Ferrando (2010) destaca que existe un acercamiento hacia la práctica deportiva entre los grupos de edad de más de 25 años, mientras que las personas del grupo de edad entre 18 y 24 años presentan tasas de práctica similares a las observadas en 2005. Por otro lado, los grupos comprendidos entre 25-34 años y 55-64 años habían aumentado en ocho unidades porcentuales los niveles de práctica deportiva en comparación con los encontrados en 2005.

Según Ruiz et al. (2001) aquellas personas con experiencias positivas y buena valoración de las clases de Educación Física, tienen mayor interés por la práctica de la actividad físico-deportiva de tiempo libre.

Hellín (2003), acerca del interés hacia la práctica físico-deportiva en la Región de Murcia, señala que el 37,6% de los que afirman tener mucho interés hacia el deporte, están entre los 15 y 25 años (28,2% del total de la muestra); los que afirman poco interés son un 39,1% de los que están entre 26 y 40 años

(35,1% de la muestra). Además, 43,3% de la muestra comprendida entre 41 y 64 años y el 65,8% de la muestra comprendida entre 41 y 64 años, no muestran interés alguno hacia el deporte.

Tabla 5. Evolución de la práctica de actividades de ocio de 2004 a 2012 entre los 15 y los 29 años (INJUVE, 2012).

Actividades	2004 (%)	2008 (%)	2012 (%)
Usar el ordenador	61,6	73,6	93,1
Salir o reunirse con los amigos	92,5	91,9	85,7
Escuchar música, CDs, cintas...	93,5	92,3	83,9
Ver la televisión	89,9	88,2	81,0
Descansar, no hacer nada	73,8	63,8	74,1
Leer periódicos, revistas	70,0	67,7	64,7
Oír la radio	79,5	70,0	63,6
Leer libros	56,8	52,0	62,7
Hacer deporte	52,7	53,6	61,8
Ir al cine	78,2	61,4	58,2
Jugar con videojuegos, consolas	33,9	36,1	58,1
viajar	56,5	47,7	48,3
Beber e ir de copas	66,6	49,4	47,9
Ir a discotecas, bailar	64,7	51,8	43,5
Ir de excursión	50,9	39,2	39,9
Ir a conciertos	49,9	40,4	34,7
Asistir a competiciones deportivas	31,7	26,7	29,8
Ir a museos, exposiciones	27,4	20,5	25,8
Ir al teatro	19,5	10,0	22,6
Asistir a conferencias, coloquios	16,9	11,0	19,8
	5014	1475	5000

La práctica de actividad físico-deportiva es un factor integrado en los denominados estilos de vida saludables, que contribuye decisivamente a

mantener la salud y calidad de vida. En los últimos años, la promoción de la actividad físico-deportiva relacionada con la salud, ha sido centro de interés de diversas investigaciones de corte psicosocial. Puede destacarse en este sentido la serie de estudios sociológicos de Casimiro (1999), Durán (1995), García Ferrando (1990, 1993, 1997), García Montes (1997), Mendoza, Sagrera y Batista (1994), así como las aportaciones periódicas del Centro de Investigaciones Sociológicas (C.I.S.).

Estudios realizados por el García Ferrando (2010), detectan que los adolescentes dedican tan sólo un 29,8% de su tiempo libre a la práctica de actividad físico-deportiva. En esta línea, García Ferrando (1993) indicaba que el deporte ocupa el sexto lugar en las intenciones de aprovechamiento del tiempo libre.

Como indica García Ferrando (1997), los hábitos de práctica físico-deportiva han ido aumentando con el transcurso de los años, impregnando el estilo de vida de la población española. Sin embargo, la evolución de práctica en los últimos años ha sufrido un estancamiento en el aumento de los porcentajes de practicantes, e incluso ha aumentado el porcentaje de los que antes practicaban y han abandonado.

Cantera-Garde y Devís (2002), en un estudio realizado con adolescentes (12-18 años) de la provincia de Teruel, catalogan como activos o moderadamente activos a un 57,2% de los sujetos, mientras que el 42,8% son considerados inactivos (tabla 6).

El estudio realizado por García Ferrando (2010) sobre los niveles de práctica físico-deportiva de los españoles, señala las diferencias existentes entre comunidades autónomas, donde Navarra y La Rioja son las que presentan los niveles de práctica más elevados, mientras en Extremadura es donde se evidencia niveles más bajos. El 40% es el nivel de media nacional de práctica físico-deportiva, con nueve Comunidades Autónomas que presentan valores ligeramente superiores (Aragón con un 42%, Baleares con un 45%, Canarias con un 41%, Cataluña con un 44%, Comunidad Valenciana con un 41%, Madrid con un 45%, Navarra con un 46%, País Vasco con un 42% y la Rioja con un 46%). Tan solo dos comunidades se encuentran por debajo del

35% de práctica (Extremadura con un 31% y Galicia con un 32%). El resto de Comunidades Autónomas se sitúan entre la media nacional y el 35% (Ceuta y Castilla-La Mancha con un 39%, Castilla y León con un 38%, Cantabria y Melilla con un 37%, Andalucía y la Región de Murcia con un 36%, y Asturias con un 35%).

Tabla 6. Resultados principales del estudio realizado entre adolescentes de la provincia de Teruel (Cantera & Devís, 2002).

Variables analizadas	Datos relevantes
Nivele de actividad física (AF) globales	52,2% de la muestra son activos o moderadamente activos. 42,8% de la muestra son inactivos o muy inactivos.
Niveles de AF según género	Los chicos son más activos que las chicas.
Niveles de AF según edad	La actividad física no decrece con la edad.
Niveles de AF según época del año	La actividad física es mayor en primavera que en invierno.
Niveles de AF según día de la semana	La actividad física es mayor durante el fin de semana que en la jornada escolar.
Intensidad de las actividades físicas	57,8% realiza más de 30 minutos de actividad moderada. 28,9% de la muestra no realiza actividad física vigorosa.

Casimiro y Año (2003) analizaron el interés por el deporte y la actividad física, encontrando que el 50,4% de los varones indicaban tener bastante o mucho interés por la actividad física y el deporte, mientras en el caso de las mujeres el porcentaje era del 24,6%.

Hellín (2003) encontró que la práctica físico-deportiva en la Región de Murcia era mayor en la población joven, disminuyendo paulatinamente con la edad. El 36,5% de los practicantes correspondían a edades entre 15-25 años (tabla 7). Respecto al tiempo dedicado diariamente a la práctica de actividad físico-deportiva, los jóvenes implican más tiempo diario, siendo el 50,8% (15 y 25 años de edad) los que practican diariamente más de 60 minutos (tabla 8).

Tabla 7. Distribución porcentual de la práctica físico-deportiva según franja de edad (Hellín, 2003).

Franja de edad	Si practica	No practican	Total
	%	%	%
15-25 años	36,5	20,6	28,3
26-40 años	35,9	34,2	35
41-64 años	27,6	45,2	36,7

Tabla 8. Distribución porcentual del tiempo diario dedicado a la práctica físico-deportiva según franja de edad (Hellín, 2003).

Tiempo de práctica	15-25 años	26-40 años	41-64 años	Total
	%	%	%	%
Hasta 60 minutos	49,2	54,5	62,7	54,7
Más de 60 minutos	50,8	45,5	37,3	45,3

Son diversos los motivos que inducen a la práctica de actividad físico-deportiva en el tiempo de ocio, destacando, entre otros, el hecho de pensar que induce a un incremento de las cualidades físicas (fuerza y velocidad, entre otras) (Tabla 9).

Las mujeres parecen encontrar mejores sensaciones en actividades dirigidas y controladas por un técnico en ausencia de competición, donde las relaciones afectivo-sociales son esenciales, y el interés está sobre todo por lo relacionado con la estética e imagen corporal, mientras que en los varones la práctica se relaciona más con el disfrute y la competición (Blasco et al., 1996).

Según Cecchini y Muñiz (2003), en un estudio sobre los motivos de práctica en las actividades físico-deportivas, evidencian una sólida estructura multifactorial, donde la salud, la diversión, la condición física, la mejora de las habilidades deportivas, la aprobación social, y el deseo de vencer o la relajación, entre otras, parecen ser las más determinantes.

Tabla 9. Motivos de práctica deportiva en el tiempo libre
(Velázquez et al., 2001).

Motivos que inducen a la práctica deportiva	%
Porque haciendo deporte aumento mis capacidades físicas (fuerza, velocidad, etc.)	24,6
Porque practicando deporte puedo tener una buena salud.	23,1
Porque haciendo deporte me lo paso bien con mis amigos/as.	22,6
Porque me gusta superarme y ser mejor cada día en el deporte que me gusta.	18,9
Porque me gusta ganar en las competiciones y los partidos.	2,9
Porque haciendo deporte puedo gustar más a las personas del otro sexo.	1,7
Porque haciendo deporte puedo demostrar lo bueno/a que soy.	1,4
Porque haciendo deporte puedo hacerme famoso/a en el futuro.	1,3
Porque haciendo deporte puedo ganar mucho dinero en el futuro.	1,2
Porque haciendo deporte puedo conseguir que me admiren mis amigos/as.	0,7
No me gusta hacer deporte.	1,6

1.3. INFLUENCIA DE LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA SOBRE LAS ESTRUCTURAS CORPORALES EN DIFERENTES DISCIPLINAS DEPORTIVAS.

La columna vertebral, o raquis, es una estructura ósea en forma de pilar que soporta el tronco, compuesta de multitud de componentes pasivos y activos (Bergmark, 1989). Es un sistema dinámico compuesto por elementos rígidos, las vértebras, y elementos elásticos, los discos intervertebrales (Miralles & Puig, 1998). Tiene una estructura lineal constituida por 33 ó 34 vértebras superpuestas, alternadas con discos fibrocartilaginosos a los que se unen íntimamente por fuertes estructuras ligamentosas, y apoyadas por masas musculares. De estos 33-34 segmentos, 24 son móviles y contribuyen al movimiento del tronco (Hamill & Knutzen, 1995).

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

En el plano sagital, el raquis queda dividido en una serie de curvaturas de naturaleza fisiológica (Figura 1): cervical, constituida por 7 vértebras (C1 a C7) dispuestas con una curvatura de convexidad anterior; torácica o dorsal, constituida por 12 vértebras (T1 a T12) de convexidad posterior; lumbar, constituida por 5 vértebras (L1 a L5) de convexidad anterior; sacra, constituida por 5 vértebras (S1 a S5) de convexidad posterior, habitualmente fusionadas formando un sólo hueso, el sacro; y coccígea, formada por 4 ó 5 vértebras que constituyen el cóccix (Cuadrado et al., 1993; Hamill & Knutzen, 1995; Miralles y Puig, 1998; Panjabi, 1985; Thompson & Floyd, 1996).

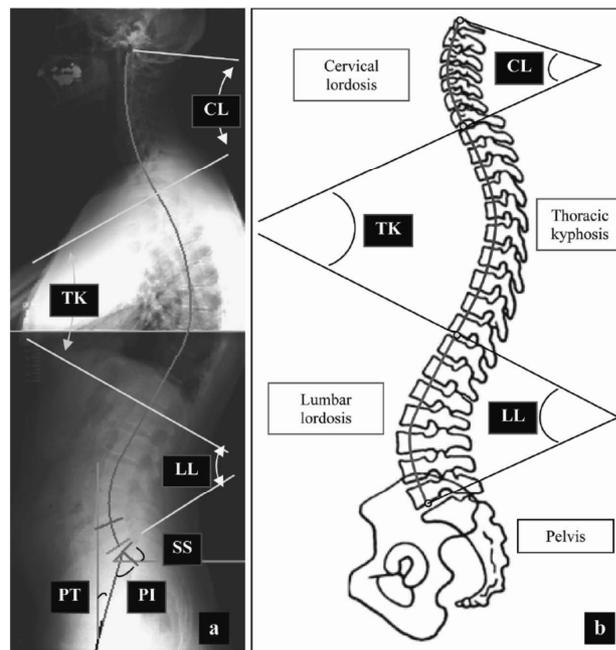


Figura 1. Imagen radiográfica del raquis y pelvis, y modelo simplificado de la disposición del raquis en el plano sagital (Tomado de Berthonnaud et al., 2005).

Las curvaturas del raquis están influidas por numerosas variables. Por ejemplo, según Hamill y Knutzen (1995) la posición de miembros inferiores y superiores modifica de forma significativa la postura del raquis. La elevación de brazos disminuye los grados de la curva torácica, mientras que la flexión coxofemoral pasiva disminuye la lordosis lumbar, al producir una disminución del ángulo lumbo-sacro (Cailliet, 1990; Kapandji, 1981). La edad también influye en los valores angulares del raquis, tanto en el morfotipo raquídeo como en el rango de movimiento intervertebral. En este sentido, Widhe (2001), en un estudio longitudinal con 90 niños que fueron evaluados a los 5-6 años y re-evaluados a los 15-16 años, observó un incremento medio de 6 grados para la cifosis torácica y para la lordosis lumbar. En otro estudio longitudinal, Poussa et al. (2005) observaron, en 222 hombres y 208 mujeres evaluados desde los 11 a los 22 años, un mayor incremento en la cifosis torácica en los hombres que en las mujeres, con una tendencia al aumento de la cifosis torácica en los hombres a medida que avanzaba la edad.

En cada deporte, e incluso dentro de una misma disciplina deportiva, la posición que ocupa el deportista, requiere de unos atributos físicos y fisiológicos únicos, que le permitirán obtener un alto rendimiento deportivo

(Norton & Olds, 2001). En base a esta idea se han realizado trabajos de investigación basados en la detección de talentos tomando en consideración diversas variables, entre ellas las dimensiones corporales, de tal manera que aquellos deportistas que se aproximen más al morfotipo ideal del deporte, tendrían más posibilidades de rendir a altos niveles (Aitken, 1998).

En el ámbito del rendimiento deportivo, otros muchos estudios se han realizado para determinar las adaptaciones morfológicas y funcionales derivadas de un entrenamiento sistemático y continuado. El rendimiento óptimo requiere de ciertas características y capacidades físicas que variarán en función del deporte e incluso en función de la categoría o nivel en la que se compite (Norton & Olds, 2001). La mayoría de los estudios realizados en el ámbito deportivo, se han centrado en aspectos fisiológicos asociados directamente al rendimiento. No obstante, el entrenamiento con un alto volumen de trabajo, en posiciones concretas y específicas al deporte, con acciones articulares repetitivas, podría generar adaptaciones en el sistema músculo-esquelético.

En este sentido, la adopción de posturas específicas a una práctica deportiva concreta, así como la repetición sistemática de determinados gestos técnicos, pueden influir en la disposición sagital del raquis de los deportistas en diversas posiciones. Varios estudios han valorado el morfotipo raquídeo en deportistas, tales como nadadores (Pastor, 2000), gimnastas de rítmica (Kums Erelina, Gapeyeva, Pääsuke, & Vain, 2007; Martínez, 2004; Nilsson, Wykman, & Leanderson, 1993; Ohlén, Wredmark, & Spandfort, 1989), futbolistas (López, Alburquerque, Quintana, Domínguez, Rubens & Calvo, 2005; Sáinz de Baranda et al., 2001; Wodecki, Guigui, Hanotel, Cardinne & Deburge, 2002), usuarios de salas de musculación (López-Miñarro et al., 2007a; 2008d), piragüistas (López-Miñarro et al., 2008a), remeros (Howell, 1984; Stuchfield & Coleman, 2006), esquiadores (Alricsson & Werner, 2006), luchadores (Rajabi, Doherty, Goodarzi & Hemayattalab, 2008) y tenistas (Muyor, Sánchez-Sánchez, Sanz-Rivas & López-Miñarro, 2013), encontrando adaptaciones específicas del morfotipo raquídeo al deporte practicado. Algunos estudios se centran en valorar el

raquis dorsal y/o lumbar en bipedestación, si bien otros amplían la valoración a posiciones de sedentación y flexión máxima del tronco con rodillas extendidas.

Puesto que el morfotipo raquídeo en bipedestación determina el nivel de carga en las articulaciones intervertebrales (Briggs et al., 2007; Keller et al., 2006), es preciso valorar el mismo para detectar desalineaciones que incidan negativamente en los deportistas, así como para conocer cómo influye la fatiga generada por el trabajo en las curvas del raquis en posiciones habituales tales como la bipedestación, sedentación y flexión del tronco. Según Lafond et al. (2009) la determinación de los cambios posturales durante la bipedestación prolongada podría ser útil para identificar a aquellas personas que tienen más riesgo de padecer dolor lumbar. Respecto al morfotipo raquídeo, Adams et al. (1999) indican que una disminución de la lordosis lumbar es un buen predictor del dolor lumbar, si bien actualmente son necesarios más estudios que valoren la influencia de la disposición sagital del raquis en el dolor lumbar.

De un modo u otro, no existen estudios que hayan realizado algún tipo de intervención para incidir en la disposición sagital del raquis de deportistas. Si bien, los diferentes estudios nacionales e internacionales realizados hasta la actualidad establecen una clara influencia de la práctica deportiva en el desarrollo de un morfotipo raquídeo característico y específico a la disciplina practicada, ninguno de ellos ha analizado qué influencia tienen los entrenamientos realizados o la competición. Uno de los factores más importantes en el desarrollo de un morfotipo raquídeo específico, es la postura del raquis durante los entrenamientos y la competición.

1.3.1. Morfotipo raquídeo en función de la modalidad deportiva.

El morfotipo raquídeo específico de cada deporte, y las diferencias con respecto a grupos de sujetos de la misma edad que no practican actividades físico-deportivas, denotan adaptaciones posturales en función del deporte practicado, que varían dependiendo de las posturas específicas adoptadas y del tiempo que se dedica a entrenar, de tal modo que las curvas de mayor magnitud se relacionan con un mayor volumen de entrenamiento (Wojtys,

Ashton-Miller, Huston & Moga, 2000). A excepción del estudio de Wojtys et al. (2000), la influencia de esta variable en la disposición sagital del raquis en los grupos de deportistas, no ha sido analizada. Por lo tanto, el volumen de entrenamiento, en determinados deportes donde la columna se ve implicada de forma directa o indirecta, es probablemente el factor determinante tanto en el desarrollo de un morfotipo raquídeo característico, como del desarrollo del dolor raquídeo.

Aunque la mayoría de los estudios se han centrado en analizar una disciplina deportiva, otros estudios han comparado la disposición sagital del raquis en un grupo heterogéneo compuesto por deportistas de diversas disciplinas (Boldori, Da Soldá & Marelli, 1999; Ferrer, 1998; Uetake, Ohsuki, Tanaka & Shindo, 1998; Wojtys et al., 2000). Los resultados de estos estudios muestran una importante relación entre la práctica deportiva realizada con modificaciones específicas en la morfología del raquis, asociadas a las posturas concretas que adoptan sistemáticamente los deportistas en sus entrenamientos y competiciones.

Boldori *et al.* (1999) en deportistas jóvenes de diversas disciplinas deportivas (natación, tenis, fútbol, gimnasia artística, danza clásica, baloncesto y voleibol), encontraron diferentes morfotipos raquídeos en función de la práctica deportiva realizada, con un menor número de casos de hiperlordosis lumbares en varones futbolistas y nadadores, así como un mayor número de casos de hipercifosis torácica en nadadores y menor en jugadores de baloncesto. Uetake et al. (1998), por su parte, en una muestra de 380 varones encontraron una cifosis torácica inferior a la media en jugadores de fútbol, mientras que la lordosis lumbar era normal, en contraposición a otros estudios realizados en futbolistas (López et al., 2005; Wodecki *et al.*, 2002). Wojtys et al. (2000), tras analizar a 1744 niños deportistas de diversas disciplinas, encontraron que los gimnastas y nadadores presentan mayor cifosis dorsal en bipedestación, mientras que gimnastas y futbolistas tenían los valores más altos de lordosis lumbar. Los niños del grupo control (no deportistas) presentaban los valores más reducidos en ambas curvas.

La mayor parte de los estudios han comparado la disposición sagital del raquis entre deportistas y sedentarios de la misma edad (grupo control), encontrando adaptaciones específicas según las posturas más frecuentemente adoptadas en los entrenamientos y competición. En este sentido, las gimnastas de rítmica presentan una rectificación lumbar y torácica en bipedestación, asociada a las posturas de extensión y corrección raquídea que caracteriza a este deporte (Kums et al., 2007; Nilsson et al., 1993), que deriva en un alto porcentaje de gimnastas con una cifosis torácica normal en bipedestación. Sin embargo, en los movimientos de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas (test de distancia dedos-planta, por ejemplo), presentan una flexión lumbar (inversión lumbar) por encima de los rangos de normalidad (Martínez, 2004), y muy superiores a los alcanzados por la población no deportista del mismo género y edad. En otro estudio realizado con bailarinas de flamenco, los resultados reflejaron que la práctica del mismo mejora la movilidad global de la columna, tanto en la flexión máxima como en la extensión, debido a las propias adaptaciones morfo-funcionales propias del estilo (Gómez-Lozano, Vargas-Macías, Santonja & Canteras, 2014). Ambegaonkar, Caswell, Kenworthy, Cortes y Caswell (2014) realizaron un estudio con bailarinas y gimnastas y mostraron que la mayoría de ellas tenían una moderada o marcada lordosis lumbar. Los rangos extremos de movimiento necesarios durante el baile y la gimnasia podrían contribuir a la alta lordosis lumbar. Por lo tanto, hay que considerar la relación entre las actividades repetitivas de hiperextensión del tronco y los niveles de lordosis lumbar en bailarines y gimnastas.

En piragüistas de categoría infantil, López-Miñarro et al. (2008a) encontraron una alta frecuencia de morfotipos cifóticos moderados en flexión máxima del tronco, especialmente en la curva lumbar, si bien en bipedestación, la mayor parte de los piragüistas presentaban curvas normales. La mayor cifosis lumbar en piragüistas, respecto a la alcanzada por otros deportistas o grupos control de sedentarios, podría estar asociada a la sedentación prolongada, en el caso de los kayakistas, y al movimiento de flexión lumbar que caracteriza la técnica de paleo, en el caso de los canoistas. Las posturas y gestos técnicos de los piragüistas probablemente generan una deformación visco-elástica de los ligamentos posteriores del raquis, que aumenta el rango

de movimiento de la flexión lumbar. No obstante, este hecho no ha sido determinado experimentalmente. El piragüismo se caracteriza por una sedentación muy prolongada, con una postura flexionada del raquis lumbar. Diversos estudios han analizado diversas posturas corporales, encontrando que la presión intradiscal aumenta en sedentación y al adoptar posturas cifóticas (Polga et al., 2004; Sato, Kikuchi & Yonezawa, 1999; Takahashi, Kikuchi, K. Sato & N. Sato, 2006; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland & Claes, 1999; Wilke, Neef, Hinz, Seidel & Claes, 2001). Además, en sedentación con una flexión intervertebral prolongada, la tensión ligamentosa transfiere más carga y estrés a la pared posterior del anillo fibroso (McGill, 1997). Beach, Parkinson, Stothart y Callaghan (2005) encontraron cambios en la rigidez pasiva del raquis lumbar tras una hora de sedentación en varones, aumentando el riesgo de lesión y dolor lumbar, especialmente si se realizan movimientos de flexión del tronco.

El ciclismo, otro deporte en el que se produce una sedentación prolongada y una flexión del tronco estática, también tiene influencia sobre el morfotipo raquídeo. Una característica especial de este deporte, es el apoyo de las manos en el manillar, que produce cierta descarga sobre el raquis (Usabiaga, Crespo, Iza, Aramendi, Terrados & Poza, 1997) que disminuirá la presión intradiscal (Wilke et al., 1999). En esta línea, Muyor, López-Miñarro y Alacid (2014) en un estudio con ciclistas obtuvieron como conclusión que la postura en ciclismo está caracterizada por mantener una mejor alineación de la columna torácica sobre la bicicleta que en la posición de bipedestación. Sin embargo, la columna lumbar se mantenía en una inversión lumbar, lo que puede conducir a adaptaciones en posiciones de máxima flexión de tronco y, posiblemente, aumentar el riesgo de algias lumbares.

Así, deportes como el ciclismo y el piragüismo se consideraban actividades con un efecto negativo al adoptar posturas hipercifóticas en su práctica. Sin embargo, los recientes trabajos de López-Miñarro et al. (2012a y 2013), así como de Muyor et al. (2011, 2012 y 2013), en piragüistas y ciclistas, evidencian que si bien los porcentajes de casos con una hipercifosis torácica en bipedestación son altos, ésta no está asociada a la postura adoptada

durante los entrenamientos, ya que la cifosis torácica es significativamente inferior (en torno a 8-10° menos) de la que tienen cuando se les mide en bipedestación relajada.

En deportistas de lucha, Rajabi *et al.* (2008) encontraron que los luchadores de estilo libre, cuya técnica se caracteriza por una flexión raquídea mantenida, presentaban una mayor cifosis torácica que los luchadores de Greco-Romana, caracterizados por posturas más erguidas del tronco.

Wodecki *et al.* (2002) en jugadores de fútbol que entrenaban al menos 4 horas semanales, encontraron una menor cifosis dorsal y una mayor lordosis lumbar que un grupo de sedentarios. En futbolistas profesionales, Sáinz de Baranda *et al.* (2001) encontraron un morfotipo raquídeo normal en bipedestación, si bien en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas y sedentación asténica encontraron una mayor frecuencia de morfotipos raquídeos con una cifosis torácica aumentada. López *et al.* (2005) tras comparar una muestra de futbolistas juveniles y amateur, respecto a un grupo de sedentarios de la misma edad, refieren una mayor lordosis lumbar en bipedestación en los primeros. En jugadores de fútbol sala, López-Miñarro *et al.* (2007b) refieren que el morfotipo raquídeo en bipedestación y en flexión máxima del tronco tiende a la hipercifosis dorsal.

Pastor (2000) en una muestra de nadadores españoles de elite, de categoría infantil y promesa, encontró una alta frecuencia de morfotipos cifóticos, con una clara tendencia al aumento de la cifosis torácica al subir de categoría, y una mayor presencia de acúñamientos vertebrales en la transición tóraco-lumbar de aquellos nadadores que presentaban mayor cifosis torácica en flexión máxima del tronco. Este incremento de la cifosis torácica en un raquis inmaduro podría ser consecuencia de una carga mecánica repetitiva, que puede producir alteraciones en los núcleos de crecimiento (Ashton-Miller, 2004) y, posiblemente, acúñamientos vertebrales.

Förster, Penka, Bösl y Schöffl (2009) realizaron un estudio con escaladores. Dividieron la muestra en dos grupos en función de las horas de práctica (los de práctica orientada al deporte, SC, y los de práctica orientada a la recreación, RC). Los resultados mostraron que la cifosis en la postura de

bipedestación era significativamente mayor en el grupo SC que en el RC. La lordosis lumbar fue mayor en el grupo SC que en el grupo RC, aunque las diferencias no eran significativas. Tampoco se obtuvieron diferencias significativas en la flexión y la extensión del tronco. Dentro del grupo SC se hicieron dos subgrupos: el grupo de SC-moderado y el grupo SC-alto nivel. Dentro de esta subdivisión, la cifosis del grupo SC-alto nivel era significativamente mayor que en el grupo SC-moderado. Por lo tanto, los resultados mostraron que la espalda de los escaladores está caracterizada por un aumento de la cifosis torácica y un incremento de la lordosis lumbar, con una relación entre las adaptaciones posturales y el nivel de habilidad de los escaladores. Los autores del estudio plantean que estas adaptaciones están probablemente asociadas a la cortedad de los músculos pectorales.

En un estudio realizado por Grabara (2015) en jugadores de voleibol adolescentes con respecto a un grupo de adolescentes no entrenados, encontró asimetrías posturales en ambos grupos. La lordosis lumbar fue significativamente menor en el grupo de deportistas en comparación con el grupo control, mientras que no se observaron diferencias significativas en la cifosis torácica. En el grupo de deportistas se observó una reducción de la lordosis lumbar y un aumento de la cifosis torácica. Las conclusiones obtenidas fueron que las diferencias significativas en las curvaturas sagitales del raquis entre el grupo de deportistas y el grupo control pueden estar asociadas con el entrenamiento y la altura corporal.

Puesto que las estructuras raquídeas están más expuestas durante el crecimiento (Kujala, Taimela, Erkintalo, Salminen & Kaprio, 1996; Swärd, 1992), es necesario analizar la disposición sagital del raquis, extensibilidad isquiosural y frecuencia de dolor lumbar en edades tempranas.

1.3.2. Relación entre morfotipo raquídeo, rendimiento deportivo y calidad de vida.

Algunos cambios en el morfotipo raquídeo suponen una alteración de las curvaturas sagitales del raquis, aumentando el riesgo de repercusiones raquídeas (Ferrer, 1998; Pastor, 2000) que afectarán al rendimiento deportivo y la calidad de vida de los deportistas. La disposición sagital del raquis influye en las propiedades mecánicas de los tejidos intervertebrales ante cargas compresivas y de cizalla (McGill, 2002). Una disposición raquídea inadecuada generará un incremento de las fuerzas que inciden sobre los discos intervertebrales (Briggs et al., 2007), aumentando el riesgo de repercusiones en deportistas jóvenes (Hellström, Jacobsson, Swärd & Peterson, 1990), al modificar la distribución de carga entre el núcleo pulposo y el anillo fibroso, entre el disco intervertebral y las articulaciones apofisarias, y por el aumento del estrés de tensión en los ligamentos intervertebrales. En este sentido, Briggs et al. (2007) tras analizar la relación entre el estrés compresivo y de cizalla en bipedestación, en función de la disposición sagital del raquis torácico y lumbar, encontraron que las posturas de hipercifosis dorsal y rectificación lumbar se asocian a mayores magnitudes de estrés. Adicionalmente, Smith, O'Sullivan y Straker (2008), en adolescentes, demostraron que posturas dorso-lumbares más alineadas están asociadas con una menor frecuencia de dolor lumbar, si bien son pocos los estudios que han analizado la relación entre ambas variables en población deportista.

La valoración del morfotipo raquídeo estático y dinámico es también importante por la relación entre la postura del raquis y la ventilación pulmonar. Landers, Barker, Wallentine, McWhorter y Peel (2003), en un estudio realizado en adultos, encontraron una menor capacidad y frecuencia ventilatoria, así como una menor ventilación por minuto, cuando los sujetos adoptaban posturas de inversión lumbar e hipercifosis torácica, probablemente debido a un mayor acortamiento de músculos inspiratorios accesorios (escalenos, esternocleidomastoideo, pectoral mayor, pectoral menor, etc.) y a una rotación interna de las costillas que reduce los espacios intercostales, conllevando a una disminución del volumen torácico.

En aquellos deportes que se caracterizan por una sedentación prolongada es probable que se genere deformación viscoelástica en los ligamentos posteriores del raquis, aumentando la amplitud de movimiento de flexión intervertebral y modificando el morfotipo raquídeo dinámico del raquis dorsal y lumbar. Esta deformación inducida en los tejidos viscoelásticos del raquis como consecuencia de una carga mantenida, desensibiliza los mecanorreceptores de los mismos, reduce la actividad muscular, genera inestabilidad y aumenta el riesgo de lesión (Solomonow, Zhou, Baratta, Zhu & Lu, 2002; Solomonow et al., 2003; Solomonow, 2004). Todo ello aumenta el riesgo de degeneración discal y dolor lumbar. No obstante, hasta el momento no se conocen estudios que hayan valorado la influencia de la postura corporal en deportistas en la deformación viscoelástica del raquis.

El raquis lumbar presenta una curva más alineada en bipedestación, mientras que en sedentación se observa una curva más rectificadas o invertidas (Meakin et al., 2009). En este sentido, pasar de la bipedestación a la sedentación produce una significativa disminución de la lordosis lumbar (Lord et al., 1997).

Dunk et al. (2009), encontraron que, en sedentación relajada, las articulaciones intervertebrales lumbares más caudales se encontraban próximas al 80% de flexión de su máximo rango de movimiento. Callaghan y Dunk (2002) encontraron que el raquis lumbar se flexionaba de media, un 36% en sedentación erecta respecto a la bipedestación, y un 52% en la sedentación asténica.

En sedentación asténica se produce una disminución de la actividad muscular torácica y lumbar, y los tejidos pasivos (ligamentos, fascia tóraco-lumbar, etc.) deben sostener el momento de resistencia generado, estresando las estructuras pasivas, circunstancia que puede desencadenar algias (Callaghan & Dunk, 2002). La práctica de actividades aeróbicas en sedentación supone una sedentación prolongada que conlleva una flexión intervertebral. Esta postura podría generar adaptaciones en la postura raquídea y en el rango de movimiento intervertebral, así como en las acciones técnicas realizadas por

el deportista. No obstante, estas variables no han sido suficientemente analizadas.

La sedentación prolongada de los ciclistas y la postura raquídea adoptada podrían influir en el morfotipo raquídeo de estos deportistas. Estudios que han evaluado a kayakistas y ciclistas, que se caracterizan por mantener una sedentación en la piragua con las rodillas casi extendidas, han encontrado adaptaciones específicas en la dinámica raquídea (López-Miñarro et al., 2008a; López-Miñarro et al., 2009a; Muyor et al., 2012; 2013) que se explican por la posición adoptada. En este sentido, algunos estudios han analizado el efecto de la fatiga en la musculatura lumbar. Takihara et al. (2009) comprobaron que la fatiga de los músculos raquídeos genera una reducción de la curvatura lumbar, especialmente en su parte más inferior. Hart et al. (2009) encontrando cambios significativos en la lordosis lumbar e inclinación del tronco al correr tras aplicar un protocolo de trabajo lumbar para fatigar dicha musculatura. Estos cambios suponen una alteración en la capacidad para detectar cambios en la posición del raquis (Taimela et al., 1999), aumentando el riesgo de alteraciones raquídeas. En remeros, Holt et al. (2003) observaron que tras un entrenamiento de una hora se producía un aumento del rango de movimiento raquídeo.

La disposición sagital del raquis también está influenciada por el estado de las estructuras encargadas de limitar su movimiento: los ligamentos. La flexión intervertebral cíclica, así como la flexión estática (mantenida durante un tiempo) generan una clara influencia en la respuesta ligamentosa a los estímulos de tracción, así como en la actividad eléctrica de los músculos del tronco. McGill y Brown (1992) en un trabajo con humanos expuestos a una flexión anterior de tronco durante 20 minutos, encontraron un aumento del rango de flexión lumbar, que volvía a los valores iniciales a los 30 minutos de finalizar la prueba (en hombres). En mujeres, sin embargo, se evidenciaba una recuperación total de la capacidad viscoelástica a los 26 minutos.

En gatos, se ha observado que una flexión prologada genera un silencio mioeléctrico, una laxitud de las estructuras viscoelásticas y una pérdida de la actividad muscular que provoca espasmos en el multífido, siendo un factor de riesgo para sufrir una lesión raquídea (Williams et al., 2000). En otro estudio,

Solomonow et al. (2003), evaluaron los procesos mecánicos y neurológicos en el desarrollo de lesiones raquídeas por acumulación de periodos repetitivos de flexión lumbar estática. Para ello, la columna vertebral de los gatos fue expuesta a tres ciclos de 10 minutos de flexión estática, seguidos de otros 10 minutos de reposo. Además, evaluaron la elongación del ligamento supraespinoso tras un periodo de 7 horas de descanso. Los autores observaron que la deformación del ligamento supraespinoso generada en los 10 minutos de flexión, no se recuperaba totalmente tras un periodo de 10 minutos de reposo. Además se observó una deformación acumulativa tras cada uno de los periodos en flexión del raquis lumbar que hicieron insuficientes 7 horas de reposo para alcanzar las longitudes iniciales (figura 2).

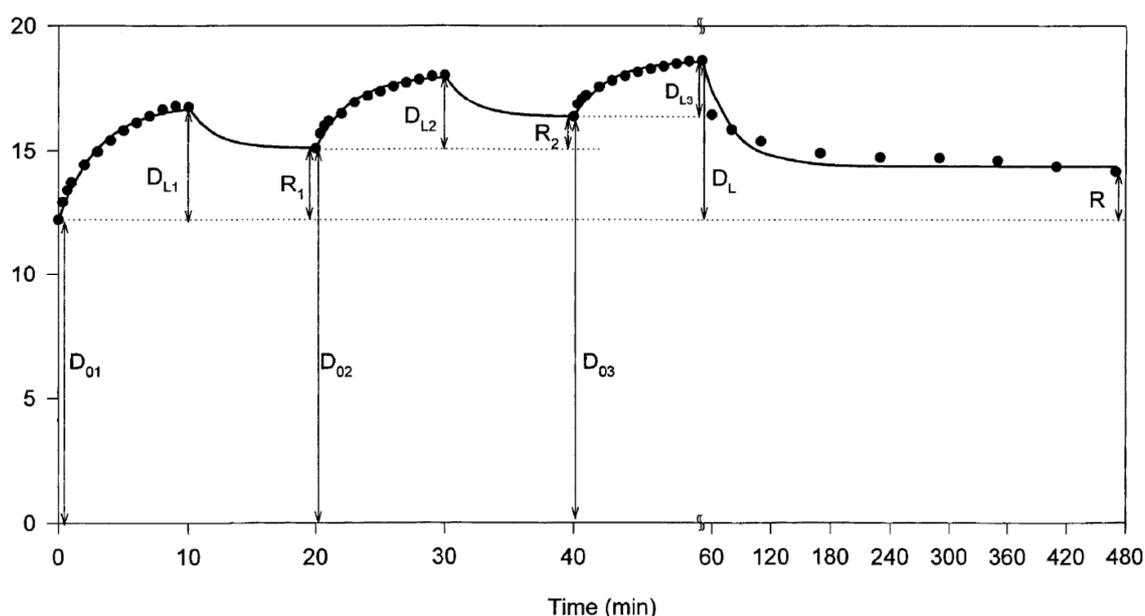


Figura 2. Descripción gráfica de la deformación del ligamento supraespinoso tras los periodos de flexión pasiva y de recuperación del raquis lumbar (Tomado de Solomonow et al., 2003).

En un estudio posterior, Sbriccoli et al. (2004) repitieron el mismo método, aunque aumentaron el número de ciclos. Para ello, sometieron a un grupo a una flexión lumbar estática de 10 minutos, seguidos de otros 10 minutos de descanso durante tres ciclos. En un segundo grupo se realizaron 6 ciclos, mientras que en el tercer grupo, se aumentó hasta 9 ciclos. Los autores encontraron una distensión en los elementos viscoelásticos en los tres grupos, encontrando una elongación residual (después de los periodos de descanso)

mayor en el grupo de 9 ciclos. Un total de 7 horas fue un periodo insuficiente para que los tejidos viscoelásticos recuperaran sus longitudes iniciales. El aumento de la intensidad de la carga, aplicada de manera repetitiva en el raquis lumbar, incrementaba significativamente la excitación muscular, aumentando la posibilidad de generar una lesión raquídea (Sbriccoli et al., 2004).

Para valorar el grado de deformación ligamentosa en humanos, McGill y Brown (1992) colocaron a sujetos sentados en un taburete con su pelvis fijada. En esta disposición, realizaron una flexión lumbar máxima que fue mantenida durante 20 minutos, midiéndose cada minuto el rango de movimiento lumbar. Los autores encontraron una flexión lumbar $5,6 \pm 2,2^\circ$ mayor que al comienzo del período. Además, tras los 20 minutos de flexión lumbar máxima, los sujetos recuperaron la mitad de su estabilidad intervertebral a los dos minutos, manteniendo aún cierta laxitud articular a los 30 minutos de recuperación.

Brereton y McGill (1999) llevaron a cabo el mismo protocolo, encontrando que 7 sujetos (de un total de ocho) evidenciaban un incremento en la flexión del raquis lumbar tras los 20 minutos. El incremento medio fue de $5,9 \pm 2,6^\circ$ (Figura 3). Esta modificación temporalmente compromete la estabilidad del raquis (Green et al., 2002).

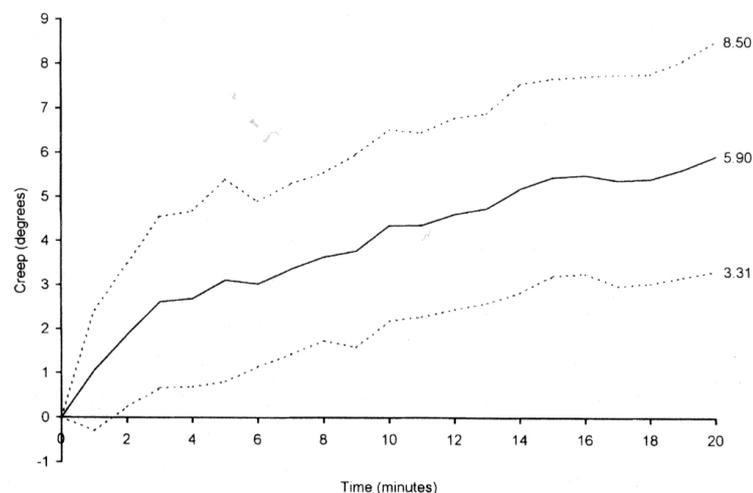


Figura 3. Deformación en grados de los tejidos pasivos del raquis lumbar. Media \pm desviación típica para los siete sujetos (Tomado de Brereton y McGill, 1999).

Shin et al. (2009) observaron que tras 5 minutos en flexión estática del tronco, se produce una fatiga del erector espinal, seguido de espasmos musculares, que disminuyen su capacidad de activación en la extensión del tronco. Los autores concluyen que la disminución de la capacidad de generar fuerza en la musculatura extensora, puede ser un factor importante para el desarrollo de problemas lumbares, especialmente en personas que implican con frecuencia a dicha musculatura.

Aunque diversos estudios han mostrado de forma directa o indirecta la deformación viscoelástica de los ligamentos posteriores del raquis, todos ellos han utilizado posiciones de flexión del tronco que no caracterizan a las propias de la vida diaria o de las actividades físico-deportivas. No conocemos estudios que hayan valorado la influencia de las posiciones típicas del deporte en la deformación viscoelástica del raquis.

El dolor raquídeo, especialmente de localización lumbar, es uno de los principales problemas en la población deportista de alto nivel. La frecuencia de dolor lumbar y las evidencias de degeneración discal en deportistas son mayores que en población no deportista (Bahr, Andersen, Loken, Fossan, Hansen & Holme, 2004; Bono, 2004; Hangai et al., 2009; Lawrence, Greene & Grauer, 2006; Swärd, 1992), si bien la frecuencia es variable en función del deporte, ya que las exigencias de cada uno es diferente. El dolor lumbar es más común en aquellos deportes cuyos gestos técnicos y posturas generan mayores cargas raquídeas durante el entrenamiento y la competición (Bahr et al., 2004). Además, los períodos de entrenamiento más intensos se asocian a más episodios de dolor lumbar (Bahr et al., 2004).

Si los miembros superiores o inferiores se movilizan mientras se mantiene una postura de bipedestación, se crean fuerzas reactivas que se transmiten al raquis incidiendo en paralelo al mismo y oponiéndose al movimiento producido. El raquis es particularmente sensible al efecto de estas fuerzas debido a su naturaleza multisegmentaria y a los requerimientos de contracción muscular para proporcionar estabilidad al mismo (Ebenbichler et al., 2001). Al manejar o manipular objetos en bipedestación, la musculatura lumbar aumenta su nivel de activación, lo que genera una situación de fatiga

cuando su resistencia es inadecuada, favoreciendo la aparición de dolor lumbar (Nicolaisen & Jorgensen, 1985). La fatiga muscular lumbar se relaciona con una menor propiocepción raquídea tanto en personas sanas como en personas con dolor lumbar (Taimela et al., 1999), incidiendo aún más en un incremento de las cargas en la columna vertebral.

Son diversos los factores de riesgo del dolor lumbar, entre los cuales, se incluyen la extensibilidad isquiosural y el morfotipo raquídeo, así como el rango de movimiento intervertebral del raquis. Es preciso analizar la relación entre el dolor lumbar y el morfotipo raquídeo, así como la extensibilidad isquiosural, para establecer el grado de influencia de estas variables y planificar programas de intervención para reducir la pérdida de días de entrenamiento debida a molestias raquídeas, y mejorar la calidad de vida de los deportistas en sus actividades cotidianas.

1.3.3. Extensibilidad isquiosural y práctica deportiva.

La extensibilidad de la musculatura isquiosural se ha mostrado como una variable que afecta, de forma significativa, a la disposición sagital del raquis en posturas de flexión del tronco, especialmente cuando las rodillas se disponen extendidas. Para que se produzca el movimiento de máxima flexión del tronco, es preciso que tenga lugar una secuencia de movimientos específicos (flexión lumbar y rotación pélvica), conocida por ritmo lumbopélvico (Figura 4) (Cailliet, 1990, Norris, 2000). La descripción de éste indica que la flexión del raquis lumbar se inicia mediante la inversión de la lordosis, que evoluciona hacia una cifosis lumbar. Cada articulación intervertebral se flexiona unos 8°, generando una flexión total de 45°. Esta inversión de la lordosis lumbar está limitada por los ligamentos intervertebrales y los músculos erectores espinales lumbares. Para una flexión adicional, en una segunda fase, acontece una rotación de la pelvis hacia delante. Este movimiento pélvico es limitado sobre todo por la musculatura isquiosural, así como por los tejidos ligamentosos y fasciales de la parte posterior del muslo, pelvis y glúteos. Una

vez se han presentado la inversión de la lordosis lumbar y rotación pélvica, se consigue una flexión máxima.

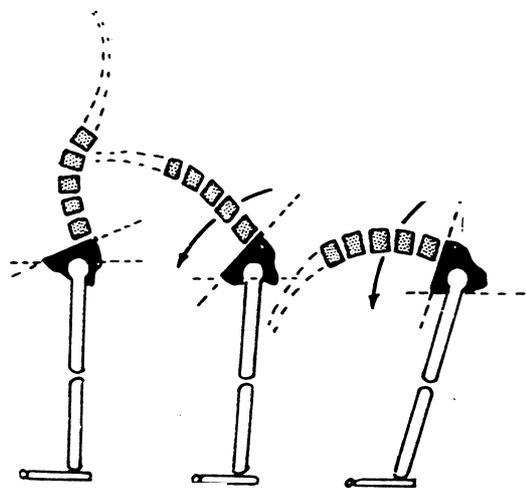


Figura 4. Representación del ritmo lumbo-pélvico (Tomado de Cailliet, 1990).

Las personas con una extensibilidad isquiosural reducida no deben extender las rodillas en aquellos ejercicios donde exista un cierre moderado del ángulo tronco-muslos, puesto que de este modo el raquis se dispondrá en inversión. Extender las rodillas dificulta la correcta colocación del raquis y la pelvis.

Esola et al. (1996) detectaron alteraciones en el ritmo lumbo-pélvico en personas con dolor lumbar. Si bien no hay cambios en la flexión total del raquis lumbar, sí que produce un cambio en la relación de flexión intervertebral y pélvica. En caso de que haya acortamiento isquiosural, se evidencia una alteración del ritmo lumbo-pélvico que aumentará la posibilidad de sufrir repercusiones a largo plazo (Santonja, 1996).

La adecuada concienciación y control de la movilidad pélvica es un factor muy importante para adoptar posturas adecuadas en la ejecución de los ejercicios, por lo que se deberían dominar los movimientos de anteversión y retroversión de la pelvis. No obstante, el control de la posición de la pelvis se reduce en posturas de flexión del tronco, siendo un factor de riesgo de dolor lumbar.

El control de la pelvis es clave a la hora de conseguir una correcta disposición de las curvas raquídeas (Kapandji, 1983; LaPierre, 1996), ya que la posición de la pelvis se relaciona con la disposición del raquis lumbar (Day et al., 1984; Levine y Whittle, 1996). Por otro lado, en relación con las posiciones dinámicas y la sedentación, diversos autores (Andújar, 1992; Andújar et al., 1992; Serna et al., 1996; Rodríguez, 1998), afirman que una inadecuada percepción de los movimientos pélvicos en la flexión del tronco puede ser uno de las principales causas responsables de las repercusiones existentes en el raquis dorso-lumbar. Así pues, debería diseñarse un trabajo sistematizado para que los deportistas aprendan los movimientos de la pelvis en anteversión y retroversión. Cuando los movimientos segmentarios de flexo-extensión de la articulación coxofemoral se perciben de manera errónea en el esquema corporal y se ejecutan sinergizados con la pelvis y columna lumbar, aunque la cortedad isquiosural sea moderada, produce asimismo una inversión lumbar dinámica (Andújar et al., 1996).

El factor más importante e indispensable para evitar posturas incorrectas es la concienciación pélvica y control propioceptivo de la movilidad de la articulación de la cadera, realizando los cierres del ángulo tronco-piernas a través del eje coxofemoral, y no por medio de un cifosamiento dorsal y lumbar, manteniendo el raquis rectificado en todo momento, evitando a su vez cualquier movimiento de flexión cervical y antepulsión escapulo-humeral. La percepción se basa en conocer qué articulación realiza el movimiento y sentir qué masas musculares se estiran, contraen o relajan en estos ejercicios.

Un adecuado dominio de la postura de la pelvis podría generar cambios en la postura raquídea y pélvica al realizar actividades deportivas. Si bien esta idea es sustentada por diversos investigadores, no existen estudios que hayan analizado la mejora de la concienciación pélvica en los gestos técnicos del deporte.

En relación a los movimientos de la pelvis, los isquiosurales constituyen un grupo muscular biarticular que, debido a su acción, provoca efectos sobre la rodilla, la cadera y la estática y dinámica lumbo-pélvica (Ledoux, 1992). Una extensibilidad isquiosural reducida conlleva una mayor cifosis torácica en los movimientos de máxima flexión del tronco (Gajdosik et al., 1994), alteraciones

del ritmo lumbo-pélvico (Esola et al., 1996) y lesiones musculares. En este sentido, Ferrer (1998) estableció una relación directa entre las repercusiones sobre el raquis dorso-lumbar y una extensibilidad isquiosural reducida.

Las posturas y gestos técnicos específicos de un deporte también pueden influir en la extensibilidad isquiosural de los deportistas. Varios estudios han evaluado la misma (Chandler, Kibler, Uhl, Wooten, Kiser & Stone, 1990; Duncan, Woodfield & al-Nakeeb, 2006; Ferrer, 1998; López-Miñarro et al., 2008b, c; Martínez, 2004; Pastor, 2000; Wang, Whitney, Burdett & Janosky, 1993; Young et al., 2005), ya que una disminución de la misma se ha relacionado con lesiones musculares (Hartig & Henderson, 1999; Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have & Cambier, 2003), alteraciones lumbares y modificaciones en el ritmo lumbo-pélvico (Esola, McClure, Fitzgerald & Siegler, 1996; Gajdosik, Albert & Mitman, 1994; Jones, Stratton, Reilly & Unnithan, 2005; López-Miñarro et al., 2008e; Rodríguez-García, López-Miñarro, Yuste & Sáinz de Baranda, 2008). En este sentido, Ferrer (1998) y Pastor (2000) encontraron una asociación significativa entre una reducida extensibilidad isquiosural y el porcentaje de repercusiones en el raquis lumbar y la charnela tóraco-lumbar de deportistas jóvenes.

La extensibilidad isquiosural ha sido analizada en deportistas como nadadores (Pastor, 2000; Sanz, 2002), corredores de larga distancia (Trehearn & Buresh, 2009; Wang et al., 1993), piragüistas (García-Ibarra et al., 2007; López-Miñarro et al. 2008b; 2009), remeros (Stutchfield y Coleman, 2006), halterófilos (Dillon et al., 2004), gimnastas de rítmica (Martínez, 2004; Martínez et al., 2001), futbolistas (Caldwell & Peters, 2009; López-Miñarro et al., 2007b; Henderson et al., 2010; McIntyre y Hall, 2005), jugadores de fútbol australiano (Young et al., 2005), luchadores (Mirzaei et al., 2009), jugadoras de lacrosse (Enemark-Miller et al., 2009), tenistas (Kibler & Chandler, 2003), taekwondistas (Toskovic et al., 2004), y jugadoras de voleibol (Melrose et al., 2007). La mayoría de los estudios encuentran una extensibilidad reducida, excepto en aquellos deportes donde la misma tiene un papel muy importante en la ejecución de los gestos técnicos, como en la gimnasia rítmica y la danza.

Ferrer (1998), al evaluar una amplia población de deportistas adolescentes, encontró en torno a un 25% de casos con una extensibilidad isquiosural reducida. Pastor (2000) refiere un incremento en el número de nadadores con una extensibilidad isquiosural reducida con el aumento de la edad.

En esta línea, López-Miñarro, Muyor, Alacid y Vaquero (2014) realizaron un estudio con 260 deportistas, dividiendo la muestra en 3 grupos en función de la extensibilidad isquiosural. Según los resultados, no se encontraron diferencias significativas entre los tres grupos en la posición de bipedestación. En el test dedos planta, los atletas con menos extensibilidad isquiosural presentaron ángulos significativamente mayores en la zona torácica (grupo 1: $65,75 \pm 10,83^\circ$; grupo 2: $61,99 \pm 9,57^\circ$; grupo 3: $57,51 \pm 10,81^\circ$) y una menor inclinación pélvica (grupo 1: $-16,81 \pm 9,88^\circ$; grupo 2: $-12,80 \pm 8,62^\circ$; grupo 3: $-6,78 \pm 8,35^\circ$, $p < 0,001$). En el test Macrae & Wright, el grupo con menor extensibilidad isquiosural mostro mayores angulación torácica (grupo 1: $59,04 \pm 19,54^\circ$; grupo 2: $44,83 \pm 18,29^\circ$; grupo 3: $42,26 \pm 17,19^\circ$), menor flexión lumbar (grupo 1: $48,72 \pm 25,75^\circ$; grupo 2: $66,02 \pm 27,48^\circ$; grupo 3: $71,62 \pm 26,42^\circ$) y una menor inclinación pélvica (grupo 1: $52,98 \pm 12,42^\circ$; grupo 2: $58,42 \pm 13,81^\circ$; grupo 3: $59,64 \pm 13,03^\circ$). Estos datos evidencian que la extensibilidad isquiosural tiene una influencia directa sobre la inclinación pélvica en los movimientos de flexión del tronco, especialmente cuando se mantienen las rodillas extendidas. La musculatura isquiosural puede tener influencia sobre la columna vertebral y la inclinación pélvica sólo cuando el tronco está en flexión o en máxima flexión, lo cual puede sobrecargar las estructuras vertebrales.

En un estudio realizado por Lopez-Miñarro, Muyor y Alacid (2013) con kayakistas de alto nivel, concluyeron que una reducida extensibilidad isquiosural está relacionada con un incremento de la curva torácica y una menor inclinación pélvica durante la máxima flexión de tronco, lo que puede aumentar las cargas en la columna vertebral.

Otros estudios han comparado la extensibilidad isquiosural entre deportistas de diferentes disciplinas (Chandler *et al.*, 1990) y entre diversos puestos en un mismo deporte (Duncan *et al.*, 2006), encontrando diferencias que achacan a las adaptaciones generadas por las exigencias del deporte en

cuestión, por la posición específica (Chandler *et al.*, 1990) o por el nivel de los deportistas (Ostojic & Stojanovic, 2007). Curiosamente, deportistas de alto nivel de su categoría tienen una extensibilidad isquiosural reducida (López-Miñarro *et al.*, 2008c; Pastor, 2000).

Puesto que la reducción de la extensibilidad isquiosural aumenta el riesgo de lesiones (Cabry & Shiple, 2000; Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen & Crielaard, 2002) y es un factor de riesgo de repercusiones raquídeas, la relación entre la extensibilidad isquiosural y el dolor lumbar ha sido analizada en varios estudios, con resultados contradictorios (Esola *et al.*, 1996; Halbertsma, Göeken, Hof, Groothoff & Eisma, 2001; Nourbakhsh & Arab, 2002; Stuchfield *et al.*, 2006). Algunos estudios han encontrado una relación moderada entre una reducida extensibilidad isquiosural y una mayor frecuencia de dolor lumbar (Esola *et al.*, 1996; Halbertsma *et al.*, 2001). No obstante, otros estudios no han encontrado relación alguna (Stuchfield *et al.*, 2006). De un modo u otro, la mayor parte de estos estudios se basan en una muestra de población no deportista, a excepción del trabajo de Stuchfield *et al.* (2006), que analizó a remeros.

Por todos estos motivos, es preciso valorar su extensibilidad isquiosural y plantear programas de intervención en aquellos casos que sea preciso. Arregui y Martínez de Haro (2001), en un trabajo de revisión bibliográfica, establecen que los entrenamientos específicos realizados habitualmente mejoran la extensibilidad, si bien los entrenamientos genéricos y la competición no logran mejorar esta capacidad. No obstante, la falta de extensibilidad es, en ocasiones, un problema actitudinal porque los técnicos deportivos y los propios deportistas no consideran la extensibilidad isquiosural como una capacidad importante en la consecución de un alto rendimiento deportivo (Nyland, Kocabay & Caborn, 2004). Una adecuada concienciación y trabajo de la extensibilidad isquiosural es muy importante, especialmente en edades en torno al estirón puberal, ya que se produce una disminución de la extensibilidad isquiosural (Jozwiak, Pietrzak & Tobjasz, 1997), que será más acentuada si no se realiza un entrenamiento sistematizado de esta capacidad.

1.3.4. Efecto agudo del entrenamiento.

La práctica deportiva prolongada puede producir cambios en el morfotipo raquídeo de los deportistas. Por el contrario, son pocos los estudios que se han centrado en el efecto agudo del entrenamiento. Se han publicado varios estudios sobre el efecto agudo del estiramiento, aunque la mayoría se basan en el efecto producido por los estiramientos.

Kang, Jung, Anc, Yoo y Oh (2013) realizaron un estudio sobre el efecto agudo del estiramiento de la musculatura isquiosural en la cinemática de la columna y la cadera durante el levantamiento de cargas. Para dicho estudio participaron 16 hombres con un rango de movimiento limitado en cuanto a la flexión de tronco con las rodillas extendidas. Tras los estiramientos de la musculatura isquiosural hubo un incremento significativo en el rango de movimiento y flexión de cadera, así como una disminución de la flexión lumbar.

En un estudio sobre los efectos de un programa de estiramientos de la musculatura isquiosural en ámbito laboral sobre la extensibilidad y las curvaturas sagitales del raquis de mujeres adultas, Muyor, López-Miñarro y Casimiro (2012) mostraron aumentos significativos en los valores de los test de distancia dedos-planta y elevación de la pierna recta en el grupo experimental, mientras que en el grupo control se evidenció una disminución de los valores de ambos test, aunque no existían diferencias significativas entre el pre-test y el post-test. Por otro lado, sí se mostraron diferencias significativas en la disminución de la curva torácica y el aumento de la inclinación de la pelvis en el test de dedos-suelo en el grupo experimental. Sin embargo, en la posición de bipedestación no se hallaron cambios significativos en ambos grupos. Por todo esto, se deduce que los ejercicios de estiramiento de la musculatura isquiosural realizados en lugares de trabajo son eficaces para aumentar la extensibilidad de esta musculatura y este aumento de flexibilidad genera una curva torácica más alineada y una mayor inclinación anterior de la pelvis cuando se realiza una flexión máxima de tronco.

López-Miñarro, Muyor, Belmonte y Alacid (2012b) observaron en un estudio realizado con 55 adultos en una sesión de estiramientos, que los estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural están asociados con un

cambio inmediato en las curvas sagitales del raquis y la posición de la pelvis en las flexiones de tronco con las rodillas extendidas, de manera que permite una mayor flexión lumbar e inclinación pélvica y una menor cifosis torácica. Como conclusión de este estudio se destacó que los estiramientos de la musculatura posterior del muslo están recomendados antes de realizar deportes que requieran una flexión del tronco con las rodillas extendidas.

Otros estudios han valorado el efecto agudo y crónico de diversas intervenciones en la extensibilidad muscular. Wiktorsson-Möller et al. (1983) analizaron el efecto de un calentamiento, masaje y estiramiento en el rango de movimiento de diversas articulaciones, encontrando que la práctica de estiramientos aumenta significativamente el rango de flexión coxofemoral. En la misma línea, O'Sullivan et al. (2009) compararon el efecto del calentamiento, el estiramiento estático y dinámico en la extensibilidad isquiosural. Sus resultados mostraron mejoras tras realizar un calentamiento o estiramiento pasivos, mientras que los estiramientos dinámicos no tuvieron un efecto significativo.

Otro estudio analizó el efecto agudo de una sesión de estiramientos pasivos de la musculatura isquiosural sobre la pelvis, la cadera y la rodilla durante la cinemática de la carrera. La sesión consistía en realizar de forma aleatoria 3 series de 30 segundos de cada estiramiento de la musculatura isquiosural inmediatamente después del pretest. Las conclusiones obtenidas del estudio fueron que una sola sesión de 3 estiramientos de la musculatura isquiosural no produce cambios significativos en la inclinación pélvica, la articulación de la cadera y la rodilla en la cinemática de la carrera (Davis Hammonds, Laudner, Mc Caw & Mc Loda, 2012).

Ogura, Miyahara, Naito, Katamoto y Aoki (2007) investigaron la influencia de la duración de los estiramientos estáticos sobre la fuerza voluntaria máxima. Para ello utilizaron a 10 varones en dos estiramientos de la musculatura isquiosural con duraciones diferentes (30 y 60 segundos) y un grupo control que realizaba estiramientos dinámicos. Las conclusiones que obtuvieron fueron que la máxima contracción voluntaria era significativamente menor en aquellos que habían realizado los estiramientos durante 60 segundos en comparación con el grupo control y con el grupo que los realizaba durante

30 segundos. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas entre el grupo control y el grupo que realizaba los estiramientos durante 30 segundos, por lo que los estiramientos de corta duración no tienen un efecto negativo en la producción de la fuerza voluntaria máxima.

Puentedura, Hujibergts, Celeste, Edwards, In, Landers y Fernández-de-las-Penas (2011) no encontraron diferencias significativas en el efecto agudo producido entre los estiramientos estáticos y la facilitación neuromuscular propioceptiva.

En otro estudio se investigó sobre el efecto que producía una sesión de diez minutos de estiramientos sobre la rigidez muscular en sujetos con cortedad isquiosural. Como conclusión obtuvieron que 10 minutos de estiramientos son insuficientes para mejorar la rigidez muscular aunque sí había una mayor tolerancia al estiramiento (Halbertsma, Van Bolhuis & Göeken, 1996).

Por otro lado, Kaiser, Sololowski y Morzkowiak (2014) realizaron un estudio sobre el efecto de un entrenamiento específico con luchadoras. Las mediciones se realizaron antes y después de un entrenamiento específico de 90 minutos. Los resultados obtenidos mostraron cambios significativos en la población examinada como efecto de la carga axial en el plano sagital, mientras que no se encontraron cambios significativos en los planos frontales y transversales. Tras las mediciones del post-test, se observaron cambios muy significativos en el ángulo de inclinación en la región lumbosacra, en el total de ángulos parciales, la longitud total de la columna vertebral y en la longitud, la altura y la profundidad de la cifosis torácica, así como el ángulo y la altura de la lordosis lumbar.

1.4. RELACIÓN LA PRÁCTICA FÍSICO-DEPORTIVA DEL TENIS Y LAS ESTRUCTURAS CORPORALES.

1.4.1. Análisis de la técnica del tenis.

Si los miembros superiores o inferiores se movilizan mientras se mantiene una postura de bipedestación, se crean fuerzas reactivas que se transmiten al raquis incidiendo en paralelo al mismo y oponiéndose al movimiento producido. El raquis es particularmente sensible al efecto de estas fuerzas debido a su naturaleza multisegmentaria y a los requerimientos de contracción muscular para proporcionar estabilidad al mismo (Ebenbichler et al., 2001).

A lo largo del día, durante los entrenamientos, las estructuras articulares, y muy especialmente las vertebrales, están sometidas a cargas externas e internas que disminuyen la tolerancia de sus tejidos (McGill, 1997). La práctica de una actividad como el tenis, que implica el manejo de un implemento con un solo brazo, golpeando la pelota en diferentes posiciones, puede generar alguna influencia en la disposición sagital del raquis de los tenistas. Por ello, es preciso analizar las características específicas de los golpesos.

En el tenis existe una amplia variedad de golpes, que se clasifican como golpes básicos, como golpes especiales (globo, dejada y bote-pronto), que son adaptaciones que se realizan de los golpes básicos con una intención táctica, y como golpes de situación (*resto*, *passing-shoot*, *contra dejada* y *subida a la red*), que son los golpes que se realizan por las necesidades del juego, no existiendo de forma aislada, pues dependen de una situación real de juego.

Los golpes básicos establecidos por la Escuela Nacional de Maestría de Tenis son:

1. Derecha o drive: golpe que se ejecuta después de un bote por el lado dominante del jugador. Se considera un golpe de fondo, aunque se puede realizar en cualquier punto de la pista. (Figura 5)

A. Posición de preparados:

1. De frente, ligera inclinación del cuerpo hacia delante.

2. Piernas separadas a la anchura de los hombros.

B. Evolución del cuerpo-raqueta:

3. Se realiza un giro del tronco y salida del pie del lado del golpeo. El cuerpo se sitúa de lado y la raqueta se desplaza hacia atrás.

4. Posición de lado a la pelota, con pies igualados.

5. El “tope” de la raqueta apunta hacia el campo contrario.

6. La raqueta comienza su movimiento hacia delante, que puede ser rectilíneo o ligeramente ascendente.

7. El peso del cuerpo también progresa ligeramente hacia delante.

8. Se inicia el giro del tronco.

C. Impacto:

9. A la altura de la cintura de la pierna más adelantada.

10. La cabeza de la raqueta está a la misma altura que el mango.

D. Terminación:

11. Continúa el giro del tronco.

12. La raqueta sigue hacia delante hasta terminar a la altura de los ojos, delante de la cabeza.

13. El peso del cuerpo está totalmente delante y el talón del pie trasero se levanta.



Figura 5. Ejecución del golpe de derecha.

2. Revés: golpe que se ejecuta después de un bote, por el lado no dominante del jugador, a una o a dos manos. Se considera un golpe de fondo, aunque se puede realizar en cualquier punto de la pista. (Figuras 6 y 7)

A. Posición de preparados:

1. De frente, ligera inclinación del cuerpo hacia delante.
2. Piernas separadas a la anchura de los hombros.

B. Evolución del cuerpo-raqueta:

3. Se realiza un giro del tronco y salida del pie del lado del golpeo. El cuerpo se sitúa de lado y la raqueta se desplaza hacia atrás.
4. Posición de lado a la pelota, con pies igualados.
5. El "tope" de la raqueta apunta hacia el campo contrario.
6. La raqueta comienza su movimiento hacia delante, que puede ser rectilíneo o ligeramente ascendente.
7. El peso del cuerpo también progresa ligeramente hacia delante.
8. Se inicia el giro del tronco.

C. Impacto:

9. Delante de la cadera de la pierna más adelantada.
10. La cabeza de la raqueta está a la misma altura que el mango.

D. Terminación:

11. Continúa el giro del tronco.
12. La raqueta sigue hacia delante hasta terminar a la altura de los ojos, delante de la cabeza.
13. El peso del cuerpo está totalmente delante y el talón del pie trasero se levanta.



Figura 6. Ejecución del golpe de revés a una mano.

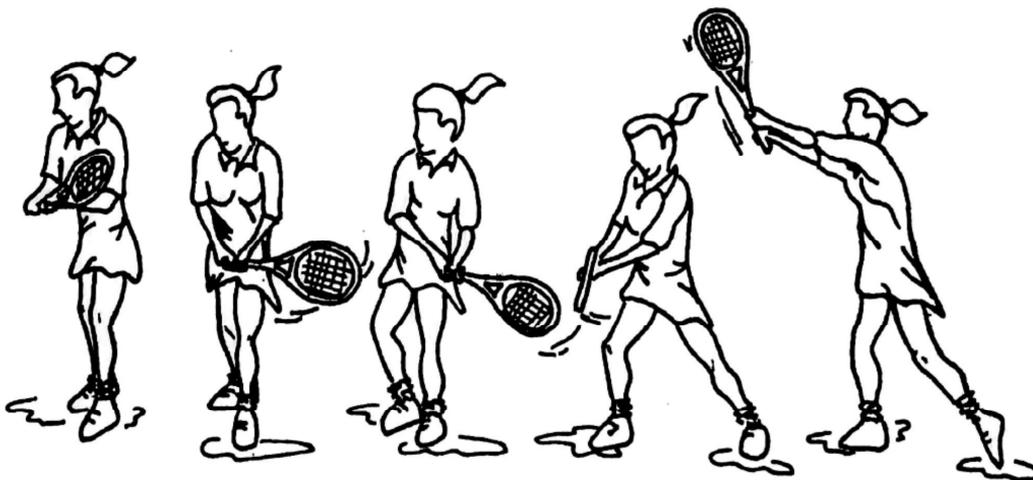


Figura 7. Ejecución del golpe de revés a dos manos.

3. Servicio: es el único golpe que debe ejecutarse detrás de la línea de fondo, entre la línea lateral y la marca central. Es un golpe mediante el cual se pone la pelota en juego. Normalmente, se golpea la pelota por encima de la cabeza, aunque no es obligatorio. Su característica más determinante es que la pelota la lanza el propio jugador. (Figura 8)

A. Posición de preparados:

1. Colocación del cuerpo de lado con los pies separados a la anchura de los hombros.
2. Tronco inclinado hacia delante.

3. El pie trasero está paralelo a la línea de fondo y la punta del pie delantero apunta al poste de la red del lado dominante.
4. Las manos están a la altura de la cintura, con la raqueta que se dirige hacia el restador y la otra sujetando la pelota.

B. Evolución del cuerpo-raqueta:

5. Los dos brazos descienden y ascienden simultáneamente mientras se realiza una extensión del tronco.
6. El brazo que tiene la raqueta desciende hacia atrás, mientras que el brazo sin raqueta baja ligeramente en consonancia para luego ascender. El peso del cuerpo estará en la pierna trasera.
7. El brazo de la raqueta comienza a ascender con las cuerdas mirando al suelo y, a la altura del hombro, el codo empieza a flexionarse, mientras que el brazo sin raqueta se ha elevado y lanzado la pelota recta y delante del cuerpo. El peso del cuerpo se desplaza hacia el pie delantero.
8. La pelota está en el aire, el brazo de la raqueta flexionado por detrás de la espalda, el peso del cuerpo en la pierna delantera con la perna ligeramente flexionada y el brazo sin raqueta está estirado hacia arriba, por lo que ese hombro está más elevado que el del brazo de la raqueta.
9. Se mira a la pelota. El brazo de la raqueta comienza a ascender por la extensión del codo, mientras que el brazo sin raqueta comienza a descender y las rodillas empiezan a extenderse.
10. Empieza a realizarse la flexión del tronco.

C. Impacto:

11. La pelota se golpea cuando está descendiendo, el brazo de la raqueta está totalmente estirado y delante del cuerpo,

mientras el brazo sin raqueta se desplaza hacia el estómago y se realiza una flexión del tronco hacia delante.

12. El peso del cuerpo está en la pierna delantera, con un ligero impulso hacia arriba y adelante.

D. Terminación:

13. El brazo sigue hacia delante con las cuerdas en dirección a la pelota para luego descender y acabar por el lado contrario a la zona de golpeo.

14. El brazo sin raqueta está en el estómago y se cruzará con el brazo de la raqueta.

15. Existe una flexión del tronco y el talón del pie trasero se levanta.

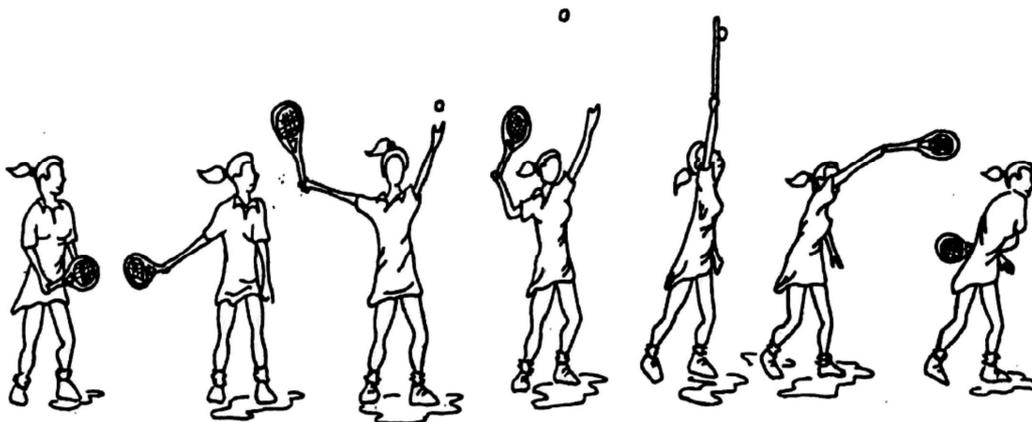


Figura 8. Ejecución del servicio

4. Volea (de derecha y de revés). Se golpea a la pelota antes de que toque el suelo. Se considera un golpe de red, aunque se puede realizar en cualquier punto de la pista. (Figuras 9 y 10)

A. Posición de preparados:

1. De frente, ligera inclinación del cuerpo hacia delante pero más acentuada que en los golpes de fondo.

2. Los codos están más separados del tronco, la raqueta más alta y las piernas un poco más separadas de la anchura de los hombros.

B. Evolución del cuerpo-raqueta:

3. Los pies y los hombros giran hacia el lado de la pelota por lo que la raqueta también.
4. La raqueta está en el lado del golpeo, con la cabeza de la raqueta más alta que el puño y en diagonal.
5. La raqueta no debe pasar detrás de la línea de los hombros.
6. Desde esa posición hay una trayectoria descendente y hacia delante con un traspaso del peso del cuerpo a la pierna contraria que también va hacia delante.
7. El brazo sin raqueta ayuda a equilibrar.

C. Impacto:

8. A la altura del pecho delante de la pierna más adelantada.
9. La cabeza de la raqueta está más alta que el mango y la pierna atrasada ya pasa delante en el momento del impacto.

D. Terminación:

10. La cabeza sigue hacia delante y abajo hasta la altura de la cadera y apuntando al contrario.
11. El peso en la pierna delantera y el talón del pie trasero se levanta.



Figura 9. Ejecución del golpe de volea de derecha.

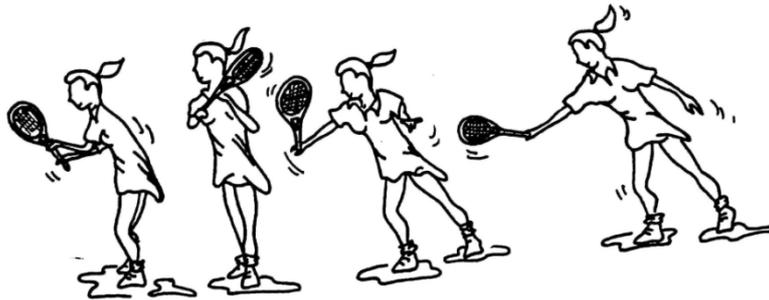


Figura 10. Ejecución del golpe de volea de revés.

5. Remate: es un golpe muy parecido al servicio. Se ejecuta por encima de la cabeza, con la diferencia de que la pelota no la lanza el jugador, sino que proviene del campo contrario. Se ejecuta con o sin bote previo. Se considera un golpe de red, aunque se puede realizar en cualquier punto de la pista. (Figura 11)

A. Posición de preparados:

1. De frente, con una ligera inclinación del cuerpo hacia delante pero más acentuada que en los golpes de fondo.
2. Los codos están más separados del tronco, la raqueta más alta y las piernas un poco más separadas de la anchura de los hombros.

B. Evolución del cuerpo-raqueta:

3. El pie del lado del golpeo se va atrás, adoptando una posición de lado. El brazo de la raqueta abre atrás y arriba, rápido y de forma recortada. El brazo sin raqueta señala la

pelota. Piernas ligeramente flexionadas y realiza una extensión del tronco.

4. El brazo de la raqueta realiza una flexión del codo detrás de la espalda, las piernas comienzan a extenderse y el peso del cuerpo a ir hacia delante.
5. A la vez que las piernas comienzan a extenderse, el brazo de la raqueta hace una extensión del codo, una flexión del tronco y el peso del cuerpo se sitúa en la pierna delantera.
6. El brazo sin raqueta sigue señalando a la pelota.

C. Impacto:

7. El brazo de la raqueta está totalmente extendido, delante del hombro más adelantado. El peso del cuerpo está en la pierna delantera que está estirada.
8. El brazo sin raqueta descende hacia el estómago.

D. Terminación:

9. La raqueta descende y el brazo sin raqueta llega hasta el pecho manteniendo el equilibrio.



Figura 11. Ejecución del remate

Como se puede apreciar al analizar los golpes básicos, el tenis es una práctica deportiva de gran implicación de la columna vertebral, ya que se requiere de una implicación importante del raquis en la realización de todos los gestos técnicos. En los gestos de *drive* y *revés* se puede observar una rotación del tronco en las tres fases del gesto técnico (preparación, desarrollo y finalización). Del mismo modo sucede al realizar la volea, ya sea de derecha o de revés, aunque en este caso la rotación es de menor rango de movimiento. Por último, están el saque y el remate donde existe en la preparación del golpe una hiperextensión raquídea. En el desarrollo y final del golpe se suma una rotación del tronco junto con una ligera flexión explosiva de éste, siendo mayor en el remate que en el servicio. Estas peculiaridades del deporte requieren de un proceso de investigación que analice su influencia en el proceso de desarrollo y maduración de la columna vertebral. Estos gestos técnicos deportivos repetitivos requieren de un análisis, así como de su efecto en la disposición sagital del raquis, por si fuera precisa una corrección del gesto o plantear un entrenamiento de compensación (Santonja & Martínez, 1995).

1.4.2. Estudios relacionados con la práctica del tenis y los efectos sobre las estructuras corporales.

Por todo lo mencionado en el apartado anterior y por las características propias del tenis (alto volumen de entrenamiento, rotaciones de tronco repetitivas, flexiones e hiperextensiones y trabajo de forma unilateral), este deporte podría generar adaptaciones específicas en el morfotipo raquídeo de los tenistas tanto en bipedestación como en sedentación y en flexión del tronco, así como aumentar la frecuencia de dolor lumbar. En este sentido, Muyor et al. (2013) realizaron un estudio sobre tenistas adolescentes en el que evidencian que el tenis no altera la morfología vertebral en el plano sagital en la postura de bipedestación habitual y que la hipercifosis torácica en bipedestación, en tenistas adolescentes varones, podría estar más relacionada con otros factores externos más que a la postura que caracteriza la práctica del tenis, como la ausencia de un adecuado trabajo del esquema postural del deportista.

Gallotta et al. (2014) realizaron otro estudio con tenistas expertos y *amateur*. Para el estudio, los tenistas fueron sometidos a dos sesiones en los

que se trabajaban gestos técnicos diferentes: en una practicaban el drive y el revés principalmente, y en otra, la volea y el servicio. Las mediciones se llevaron a cabo tanto antes como después de cada una de las dos sesiones y las conclusiones a las que se llegaron fueron que no hay diferencias significativas en la lordosis lumbar y cifosis torácica, ni en la inclinación pélvica, tras dos sesiones de entrenamiento.

Kibler y Chandler (2003), evaluaron el efecto de un programa de ejercicios de estiramiento en jugadores de tenis (29 hombres y 22 mujeres, con una media de edad de 13 años). Formaron dos grupos con el mismo número de sujetos. Uno realizó el programa de ejercicios y el otro no (grupo control). Los ejercicios se realizaban de manera individual y pasiva, y la posición se debía mantener durante 30 segundos, realizando una única serie de cada ejercicio. En el grupo experimental, se observó una mejora significativa de la extensibilidad isquiosural en ambos géneros. El grupo control empeoró en los valores alcanzados tanto en el test de distancia dedos-planta como en el de elevación de la pierna recta.

En referencia a las lesiones que puede acarrear la práctica del tenis sobre las estructuras corporales, según Hjlem, Werner y Renstrom (2010), en un estudio realizado en tenistas suecos entre 12 y 18 años que practicaban tenis más de dos veces por semana, encontraron que las lesiones de tobillo, rodilla y dolor lumbar eran las más frecuentes. Siendo el 65% de ellas nuevas lesiones, localizándose en la rodilla y el tobillo, mientras que la lesión más recurrente fue el dolor lumbar. Este hecho podría tener relación con las exigencias específicas del tenis sobre las estructuras raquídeas, especialmente por la hiperextensión lumbar con rotación.

Objetivos

Los objetivos del presente estudio fueron:

- 1) Determinar la disposición sagital del raquis dorsal, lumbar e inclinación pélvica de los tenistas en posiciones habituales (bipedestación y sedentación) y en posturas de máxima flexión y extensión del tronco.
- 2) Comparar la disposición sagital del raquis, inclinación pélvica y extensibilidad isquiosural antes y después de un entrenamiento en tenistas adolescentes.
- 3) Valorar cuantitativamente la extensibilidad isquiosural de los tenistas, y determinar la frecuencia de casos con una extensibilidad normal y reducida en función del test utilizado para su valoración.

Material y métodos

3.1. MUESTRA

3.2. PROCEDIMIENTO

3.3. ENTRENAMIENTO DEL EXPLORADOR

3.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS

3.1. MUESTRA.

Un total de 40 tenistas varones entre 14 y 18 años participaron en este estudio (media de edad: $16,35 \pm 1,82$; talla media: $1,71 \pm 0,14$; masa media: $67,45 \pm 10,11$). Los criterios de inclusión de los tenistas fueron: seguir un entrenamiento sistematizado, al menos, durante cuatro años, no haber sido operado de la columna vertebral o de la musculatura isquiosural, ni tener algún tipo de lesión o alteración raquídea estructurada diagnosticada en el momento de la valoración que impidiera la realización de las mediciones.

Todos los participantes del estudio fueron voluntarios y en el caso de los menores de edad, se procedió a obtener un consentimiento informado de sus padres o tutores legales, que firmaron un documento en el que daban su autorización a participar en el mismo. Previamente al inicio del estudio, se obtuvo la autorización de la Comisión de Bioética en Investigación de la Universidad de Murcia.

3.2. PROCEDIMIENTOS.

A todos los tenistas se les valoró la disposición sagital del raquis y pelvis en diferentes posiciones, así como la extensibilidad isquiosural mediante varios test. Todas las mediciones fueron realizadas por la tarde, entre las 16:00 y 19:00 horas, antes (pre-test) y después (post-test) de un entrenamiento basado en diferentes tareas específicas del tenis.

Para explorar el morfotipo raquídeo de los tenistas en los diferentes test, inicialmente se localizó la apófisis espinosa de la primera vértebra torácica (T_1). En el caso de que no fuese fácilmente localizable la apófisis espinosa de T_1 , se le pedía al tenista que flexionase la cabeza y que realizase una antepulsión de los hombros, ya que así se hacía más visible y palpable la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical (C_7), por debajo de la cual se localiza T_1 . Una vez marcada, se procedió a marcar la primera vértebra sacra ($S1$).

Posteriormente, se realizaron, en un orden aleatorio, las mediciones de la disposición sagital del raquis, inclinación pélvica y extensibilidad isquiosural

en las posiciones de bipedestación, bipedestación en autocorrección, máxima extensión en bipedestación, sedentación relajada, máxima flexión de tronco en sedentación, decúbito prono, test de distancia dedos-suelo, test de distancia dedos-planta y test de elevación de pierna recta activo y pasivo.

El entrenamiento que realizaron los tenistas tuvo una duración total de 2 horas y se estructuró del siguiente modo:

1. Calentamiento general, que constaba de tres partes: activación, movilidad articular y estiramientos, con una duración total de 10 minutos.
 - *Activación*: los tenistas dieron 10 vueltas a la pista de tenis de diferentes formas (carrera continua, con desplazamientos laterales, skipping, talón-glúteo, carrera continua con movimientos de brazos, etc.).
 - *Movilidad articular*: los tenistas realizaron diferentes ejercicios, realizando 20 repeticiones de cada uno: circunducción de tobillos, flexo-extensión de rodillas, circunducción de caderas, circunducción de hombros, flexo-extensión de codos y circunducción de muñecas.
 - *Estiramientos*: se realizaron estiramientos estáticos de gemelos, cuádriceps, isquiosurales, aductores, hombros, pectoral mayor, bíceps braquial, tríceps braquial, así como flexores y extensores de la muñeca.
2. Calentamiento específico, en el que realizaban peloteos cerca de la red y se iban alejando poco a poco. Después, en parejas, un jugador subía a la red y realizaba voleas, mientras el otro jugador realiza golpes desde el fondo de pista. Finalmente, se realizaba una serie de saques (10 minutos).
3. Trabajo específico de técnica en el que se realizaban correcciones técnicas a los jugadores en función de los entrenamientos o partidos anteriores con respecto a los gestos técnicos. En todos los

entrenamientos se realizaron ejercicios de derecha, revés, volea de derecha y de revés, remate y servicio (30 minutos).

4. Trabajo de táctica: situaciones jugadas controladas buscando una mejora de la táctica en situaciones reales (por ejemplo, saque y volea; mover al adversario buscando el momento de realizar un punto ganador) (30 minutos).
5. Situaciones reales de juego: se realizaron partidos y minicompeticiones entre los jugadores (40 minutos).

Para realizar las mediciones fue requisito *sine qua non* que no hubiesen transcurrido más de 10 minutos una vez finalizado el entrenamiento en el que los tenistas realizaron ejercicios de técnica de todos los gestos que se utilizan en el deporte, así como situaciones reales de juego.

Una vez finalizadas las mediciones, todos los sujetos cumplimentaron, de forma autoadministrada, un cuestionario (anexo I) para obtener información sobre: frecuencia y volumen de entrenamiento, estiramientos habituales que solían realizar, dolor raquídeo, frecuencia del mismo y lesiones previas.

Para determinar la disposición angular del raquis torácico, lumbar y el ángulo de inclinación de la pelvis se utilizó un Spinal Mouse (Figura 12). Éste es un inclinómetro electrónico que detecta los cambios de inclinación de los segmentos con respecto a una línea vertical. Diferentes estudios han establecido que es un instrumento válido y fiable para la valoración de la disposición sagital del raquis en diversas posturas y determinación del rango de movimiento intervertebral (Guermazi et al., 2006; Mannion, Knecht, Balaban, Dvorak & Grob, 2004). La principal aportación del Spinal Mouse sobre los sistemas inclinométricos más tradicionales (cifómetros, goniómetros, inclinómetros de burbuja, etc.) es que permite establecer no sólo el ángulo global de las curvas torácica y lumbar, sino también el ángulo específico de cada articulación intervertebral. No obstante, en este estudio se tomaron en consideración los valores globales de las diferentes curvas.

Para medir la disposición sagital del raquis y pelvis, una vez que el deportista se colocaba en la posición, se situaba el Spinal Mouse® en la marca

de C7 y se desplazaba en sentido cráneo-caudal a lo largo de las apófisis espinosas del raquis, hasta la marca de S1. A continuación, el software del sistema digitalizaba el contorno del raquis en el plano sagital, aportando información sobre la angulación global de las curvas raquídeas e inclinación pélvica. Respecto a la curva lumbar, valores negativos indican una curva de concavidad posterior (lordosis), mientras que valores positivos indican concavidad anterior (inversión). Respecto a la pelvis, un valor de 0° correspondió a una posición vertical, de modo que los valores positivos correspondieron a posiciones de anteversión pélvica, y los valores negativos a posiciones de retroversión pélvica.



Figura 12. Spinal Mouse.

3.2.1. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en bipedestación.

El tenista debía situarse en bipedestación habitual, sin calzado, con una apertura de los pies equivalente a la anchura de sus caderas, con los miembros superiores relajados en los costados y la mirada al frente. Posteriormente, se colocaba el Spinal Mouse al inicio de la curvatura torácica (T₁) (Figura 13) y, a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra (S₁).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 13. Medición en bipedestación con el Spinal Mouse.

Para categorizar los valores angulares de la curva dorsal en base a unas referencias de normalidad y patología, se utilizaron los valores descritos por Contreras, Miranda, Ordóñez, Miranda y Diez (1981), López-Miñarro et al. (2007) y Santonja (1993):

- RECTIFICACIÓN DORSAL: $<20^\circ$
- NORMAL: $20^\circ - 45^\circ$
- HIPERCIFOSIS LEVE: $46^\circ - 60^\circ$
- HIPERCIFOSIS MODERADA: $61 - 80^\circ$

Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar se utilizaron los valores de referencia descritos por López-Miñarro et al. (2007), Pastor (2000), Rodríguez (1998) y Sáinz de Baranda (2002):

- RECTIFICACIÓN LUMBAR: $<20^\circ$
- NORMAL: $20^\circ - 40^\circ$
- HIPERLORDOSIS: $>40^\circ$

3.2.2. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en bipedestación en autocorrección.

El tenista debía situarse en bipedestación con una posición igual que la realizada en la bipedestación relajada y se le pedía que realice una rectificación torácica y lumbar. Una vez realizada la rectificación, se colocaba el Spinal Mouse al inicio de la curvatura torácica (T_1) (Figura 14) y, a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra (S_1).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 14. Medición en bipedestación en autocorrección con el Spinal Mouse.

3.2.3. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en máxima extensión en bipedestación.

El tenista debía situarse en bipedestación con una posición igual que la realizada en la bipedestación relajada y se le pedía que realizase una extensión máxima del tronco. En esa posición, se colocaba el Spinal Mouse al inicio de la curvatura torácica (T_1) (Figura 15) y, a partir de esta posición, se

desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra (S_1).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 15. Medición en máxima extensión en bipedestación con el Spinal Mouse.

3.2.4. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en sedentación relajada.

El tenista debía situarse sentado en una silla con los pies apoyados en el suelo. Una vez en esa posición, se solicitaba al tenista que adquiriese una posición relajada, momento en el cual se tomaba registro de los valores angulares de sus curvaturas raquídeas (Figura 16). Para ello, se colocaba el Spinal Mouse al inicio de la curvatura torácica (T_1), y a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra (S_1).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 16. Medición en sedentación relajada con el Spinal Mouse.

Los valores de referencia, de la curva dorsal, para categorizar a los tenistas en normalidad y patología fueron (Martínez, 2004):

- NORMALIDAD: $< 40^\circ$
- MORFOTIPO CIFÓTICO LEVE: $41^\circ - 53^\circ$
- MORFOTIPO CIFÓTICO MODERADO: $> 53^\circ$

Para valorar la curva lumbar se utilizaron los siguientes valores angulares (Martínez, 2004):

- NORMALIDAD: $< 15^\circ$
- MORFOTIPO CIFÓTICO LEVE: $15^\circ - 21^\circ$
- MORFOTIPO CIFÓTICO MODERADO: $> 21^\circ$

3.2.5. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en máxima flexión de tronco desde sedentación.

Para valorar el rango de movimiento en flexión del raquis lumbar y torácico se utilizó la posición adoptada para realizar el test *Macrae & Wright*

(Macrae & Wright, 1969). Este test ha sido usado en diversos estudios como criterio de flexibilidad lumbar, mostrando una alta validez concurrente con la medición radiográfica ($r= 0,97$). Para realizar el test, el tenista se colocaba sentado en una superficie que le permitiese colocar sus rodillas en torno a un ángulo de 90° , y las plantas de los pies apoyadas en el suelo. Manteniendo en todo momento el contacto de las plantas de los pies en la superficie de apoyo, el tenista debía realizar una flexión máxima del tronco (Figura 17). Una vez alcanzada la misma, se procedía a la medición de la disposición angular del raquis torácico y lumbar con el Spinal Mouse, que determinaba las siguientes variables: inclinación pélvica, curva dorsal y lumbar.



Figura 17. Medición en máxima flexión del tronco en sedentación con el Spinal Mouse.

3.2.6. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en decúbito prono.

Se pedía al sujeto que se colocara en el suelo en la posición de decúbito prono con los brazos extendidos hacia delante y la frente apoyada en el suelo (Figura 18). Una vez adoptada esta posición se deslizaba el Spinal Mouse por las apófisis espinosas para determinar las siguientes variantes: inclinación pélvica, curva dorsal y lumbar.



Figura 18. Medición en decúbito prono con el Spinal Mouse.

3.2.7. Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en test de distancia dedos-planta.

El test distancia dedos-planta ha sido extensamente utilizado como medida indirecta de la extensibilidad isquiosural en adultos y deportistas, por tener un protocolo de ejecución sencillo y una correlación moderada con el test de elevación de la pierna recta (López-Miñarro et al., 2007; 2008; 2009; Rodríguez-García et al., 2008).

Para realizar el test dedos-planta el tenista debía situarse sentado con las rodillas extendidas y los pies separados a la anchura de sus caderas, apoyando las plantas de sus pies en el cajón de medición (ACCUFLEX TESTER III). Desde esta posición, el deportista realizaba una flexión máxima del tronco manteniendo los codos y las rodillas en extensión, intentando alcanzar la máxima distancia posible. Las palmas de las manos (la palma de la mano dominante sobre el dorso de la otra mano) se deslizaban sobre el cajón de medición de forma lenta y progresiva (Figura 19), y una vez que se alcanzase la máxima distancia debía mantenerla durante 2 segundos, procediéndose a medir la distancia alcanzada en centímetros con una regla milimetrada. Si el deportista no lograba superar la línea de la tangente de las plantas de sus pies (0 cm), se consideraban valores negativos. En el caso de sobrepasarla se consideraban como valores positivos. Una vez medida la distancia alcanzada, se procedía a medir la disposición sagital del raquis y la posición de la pelvis con el Spinal Mouse. Para ello, éste se colocaba al inicio de la curva dorsal y, a continuación, se desplazaba caudalmente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta S₁.

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 19. Medición del grado de extensibilidad isquiosural mediante el test de distancia dedos-planta.

Para clasificar a los tenistas en base a unas referencias de normalidad y valoración de la extensibilidad isquiosural se utilizaron los valores de referencia descritos por Ferrer (1998):

- NORMALIDAD: ≥ -3 cm.
- CORTEDAD MODERADA O GRADO I: -3 y -9 cm.
- CORTEDAD MARCADA O GRADO II: ≤ -10 cm.

3.2.8. Curva dorsal, curva lumbar y posición de la pelvis en el test dedos-suelo.

Para valorar la disposición del raquis en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas se utilizó el test de distancia dedos-suelo. Para realizar las mediciones, el tenista se le colocaba en bipedestación sobre un cajón de medición (ACCUFLEX TESTER III), con los pies separados a la anchura de sus caderas, las rodillas extendidas y la palma de su mano derecha sobre el dorso de su mano izquierda. Posteriormente, el deportista realizaba una flexión máxima del tronco, manteniendo los codos y las rodillas extendidas, deslizando las manos por el cajón de forma lenta y progresiva hasta alcanzar la máxima distancia posible. Un investigador mantenía las rodillas del tenista en la posición de extensión durante el test. En este momento, se procedía a medir la

disposición sagital del raquis y la posición de la pelvis con el Spinal Mouse. Para ello, éste se colocaba al inicio de la curva dorsal y, a continuación, se desplazaba caudalmente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta S₁.

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.

Los valores de referencia de la curva dorsal para categorizar a los tenistas en normalidad y patología fueron (Martínez, 2004):

- NORMALIDAD: < 52°
- MORFOTIPO CIFÓTICO LEVE: 52° - 63°
- MORFOTIPO CIFÓTICO MODERADO: > 63°

Para la curva lumbar, los valores angulares de referencia fueron (Martínez, 2004):

- NORMALIDAD: < 22°
- MORFOTIPO CIFÓTICO LEVE: 22° - 29°
- MORFOTIPO CIFÓTICO MODERADO: > 29°

Este test también se utilizó para clasificar a los tenistas en base a unas referencias de normalidad y valoración de la extensibilidad isquiosural siguiendo los valores de referencia establecidos por Ferrer (1998). Si el deportista no superaba la línea de la tangente de las plantas de sus pies (0 cm), se consideraban valores negativos. Cuando la sobrepasaba se consideraban valores positivos:

- NORMALIDAD: > 4 cm.
- CORTEDAD MODERADA O GRADO I: -4 y -11
- CORTEDAD MARCADA O GRADO II: < -12 cm.

3.2.9. Valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en el test de elevación de la pierna recta pasivo.

Como medida criterio de la extensibilidad isquiosural se utilizó el test de elevación de la pierna recta (EPR) (Figura 20). Con el deportista en decúbito supino sobre una camilla, con un Lumbosant colocado bajo el raquis lumbar y pelvis, se procedía a la elevación de la pierna con rodilla extendida de forma lenta y progresiva hasta que manifestase dolor en el hueco poplíteo y/o se detectara una retroversión de la pelvis.

Para determinar el ángulo de flexión coxofemoral se colocaba un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR) en la tuberosidad tibial, colocándolo a cero grados en la posición inicial y estableciendo los grados de flexión coxofemoral al finalizar la misma.

Las consignas que se aportaron a los deportistas para realizar el test fueron: “Vamos a elevar la pierna poco a poco. Tienes que dejarla totalmente relajada y has de soportar el estiramiento todo lo que puedas hasta que la tensión te provoque dolor en la zona poplíteo, momento en el que debes avisarnos, diciendo ¡Ya!”.

La medición se realizó en ambas piernas por separado y de forma aleatoria. Un investigador auxiliar mantenía la pierna contralateral extendida y en contacto con la camilla, evitando la rotación externa, así como la rotación de la pelvis en su eje longitudinal.



Figura 20. Medición del grado de extensibilidad isquiosural mediante el test de elevación de pierna recta de forma pasiva.

Para clasificar los valores del test de elevación de la pierna recta se utilizaron las referencias de Ferrer (1998):

- NORMALIDAD: $\geq 75^\circ$
- CORTEDAD GRADO I: $74^\circ - 61^\circ$
- CORTEDAD GRADO II: $\leq 60^\circ$.

3.2.10. Valoración de la extensibilidad de la musculatura isquiosural mediante el test de elevación de la pierna recta activo.

Con el deportista en decúbito supino sobre una camilla, con un LumboSant colocado bajo el raquis lumbar y pelvis, éste debía elevar la pierna de forma activa con rodilla extendida, de forma lenta y progresiva hasta que no pudiese elevarla más y/o se detectara una retroversión de la pelvis (Figura 21).

Para determinar el ángulo de flexión coxofemoral se colocó un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR) en la tuberosidad tibial, colocándolo a cero grados en la posición inicial y estableciendo los grados de flexión coxofemoral al finalizar la misma.

Las consignas que se aportaron a los deportistas para realizar el test fueron: “Ahora eleva la pierna poco a poco. Tienes que elevarla totalmente recta y has de soportar el estiramiento todo lo que puedas hasta que la tensión te provoque dolor en la zona poplíteica, momento en el que debes avisarnos, diciendo ¡Ya!”.

La medición se realizó en ambas piernas por separado y de forma aleatoria. Un investigador auxiliar mantenía la pierna contralateral extendida y en contacto con la camilla, evitando la rotación externa, así como la rotación de la pelvis en su eje longitudinal.



Figura 21. Medición del grado de extensibilidad isquiosural mediante el test de elevación de pierna recta de forma activa.

3.3. ENTRENAMIENTO DEL EXPLORADOR

El explorador recibió formación en el uso y manejo tanto del Spinal Mouse, como del software específico para este instrumento de evaluación raquídea (MediMouse Software), por parte del director del trabajo. Así también, recibió formación sobre el uso del inclinómetro y su colocación durante los test.

Posteriormente, durante tres meses, el explorador realizó mediciones a personas que no formaban parte de la muestra de estudio, en diferentes posiciones. Una vez finalizado el proceso de entrenamiento, se realizaron unas pruebas de fiabilidad intra-explorador.

3.3.1. Pruebas de fiabilidad intraexplorador

Para el estudio y análisis de la fiabilidad intra-explorador se midieron a 18 adolescentes varones, asintomáticos, con una media de edad de $16,6 \pm 0,5$ años y una altura media de $1,68 \pm 0,05$ metros. Todos los sujetos participaron de forma voluntaria y fueron informados del objetivo y procedimientos del estudio. Estos sujetos no formaron parte de la muestra final del estudio.

Para determinar la fiabilidad se utilizó el protocolo previamente utilizado por Muyor (2010) en un estudio sobre columna vertebral y extensibilidad isquiosural en ciclistas. A cada uno de los 18 sujetos se le evaluó, de manera aleatoria, en tres posiciones diferentes (bipedestación, sedentación y decúbito prono). En cada posición, se realizaron tres mediciones con el Spinal Mouse, con un período de 30 segundos entre cada una. Para las mediciones se colocó el Spinal Mouse al inicio de la curvatura torácica (T1) y, a partir de esta posición, se desplazó suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra (S1). El Spinal Mouse guardaba en el MediMouse Software las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical, sin que el explorador pudiera visualizar los datos.

Las posiciones concretas que se utilizaron fueron:

- Bipedestación: de pie y descalzo, adoptando una apertura de los pies equivalente a la anchura de sus caderas, con las palmas de las manos juntas y apoyadas en una pared y cabeza apoyada sobre las manos, para facilitar el equilibrio y disminuir los movimientos del sujeto explorado.
- Sedentación: sentado en una camilla sin tocar el suelo con los pies. Las piernas quedaron colgando con las rodillas flexionadas a 90° y los codos apoyados en ambos muslos.
- Decúbito prono: tumbado boca abajo en el suelo, con los brazos en los costados y la frente apoyada en el suelo.

3.4. ANÁLISIS DE DATOS.

La distribución de los datos fue inicialmente valorada mediante el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Puesto que todas las variables seguían una distribución normal, se realizó un análisis estadístico en base a pruebas paramétricas. Para determinar la fiabilidad intra-explorador en las mediciones con el Spinal Mouse, se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC 3,1), y sus intervalos de confianza al 95%, siguiendo la fórmula descrita por Shrout y Fleiss (1979).

Posteriormente, teniendo en cuenta que la muestra seguía una distribución normal, se procedió al análisis descriptivo, obteniendo las medias y las desviaciones típicas de cada una de las variables, así como una distribución de frecuencias de las mismas en función de las referencias de normalidad.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas para establecer las diferencias en la cifosis torácica, lordosis lumbar e inclinación pélvica de las posiciones valoradas. La significación del análisis multivariado de medidas repetidas se confirmó mediante los test Traza de Pillai, Lambda de Wilk, traza de Hotelling y raíz mayor de Roy. La esfericidad fue analizada mediante la prueba de Mauchly. La corrección de Greenhouse-Geisser se aplicaba si la esfericidad no era asumida. En el caso de que se encontrasen diferencias significativas para el efecto principal del ANOVA se realizaban una comparación por pares usando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples.

Para contrastar las variables antes y después del entrenamiento se realizó la prueba *t* de Student para muestras dependientes. Para determinar las diferencias entre piernas en los valores del test de elevación de la pierna recta se utilizó una prueba *t* de Student para muestras independientes.

Se estableció un valor de $p < 0,05$ para determinar la significación estadística. El análisis estadístico fue realizado mediante el software SPSS (versión 19,0; SPSS Inc., IL).

Resultados

- 4.1. VALORES DE FIABILIDAD
INTRAEXPLORADOR**
- 4.2. BIPEDESTACIÓN**
- 4.3. SEDENTACIÓN**
- 4.4. DECÚBITO PRONO Y MÁXIMA
EXTENSIÓNEN BIPEDESTACIÓN**
- 4.5. TEST DE DISTANCIA DEDOS SUELO Y
DEDOS PLANTA**
- 4.6. TEST DE ELEVACIÓN DE LA PIERNA
RECTA ACTIVO Y PASIVO**

4.1. VALORES DE FIABILIDAD INTRAEXPLORADOR

Los valores de fiabilidad intraexplorador (mediante el coeficiente de correlación intraclase) para cada una de las variables dependientes (raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica) en las posiciones de bipedestación, sedentación y en decúbito prono oscilaron entre 0,91 y 0,98 ($p < 0,001$).

4.2. BIPEDESTACIÓN.

En la tabla 10 se presentan los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar, así como de la inclinación pélvica, en las posiciones de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación antes y después del entrenamiento. No existen diferencias significativas entre el pre-test (antes del entrenamiento) y el post-test (después del entrenamiento) ni en las curvaturas raquídeas, ni en la posición de la pelvis en bipedestación relajada. Sin embargo, en la postura de bipedestación autocorregida se producen cambios significativos en la columna torácica e inclinación pélvica entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento. Al comparar los valores angulares entre ambas posiciones antes y después del entrenamiento (tabla 11), se evidencia una rectificación tanto de la columna lumbar como de la columna torácica, así como una disminución de la inclinación pélvica en la postura de bipedestación autocorregida con respecto a la bipedestación relajada.

Influencia de la práctica del tenis sobre las curvaturas sagitales del raquis y la extensibilidad isquiosural en deportistas adolescentes.

TABLA 10. Valores medios (\pm desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica en el pre-test y post-test de las posturas de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación.

Posiciones	Variable	Pre-test	Post-test	Valor t	p
Bipedestación	Columna Torácica	38,74 \pm 7,45 ^o	38,44 \pm 10,28 ^o	0,265	0,792
	Columna Lumbar	-23,82 \pm 6,39 ^o	-24,33 \pm 6,73 ^o	0,844	0,404
	Inclinación pélvica	13,56 \pm 5,05 ^o	13,03 \pm 4,73 ^o	1,328	0,192
Autocorrección en bipedestación	Columna Torácica	25,00 \pm 10,51 ^o	27,61 \pm 10,53 ^o	-2,936	0,006
	Columna Lumbar	-13,08 \pm 9,15 ^o	-11,87 \pm 10,24 ^o	-0,747	0,460
	Inclinación pélvica	6,56 \pm 6,09 ^o	4,54 \pm 5,05 ^o	2,692	0,010

TABLA 11. Comparación de los valores medios (\pm desviación típica) y diferencia de medias entre la bipedestación relajada y la autocorrección en bipedestación de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica en el pre-test y post-test.

Test	Variable	Bipedestación relajada	Autocorrección en bipedestación	Diferencia de medias	Valor t	p
Pre-test	Columna Torácica	38,74 \pm 7,45 ^o	25,00 \pm 10,51 ^o	13,74 \pm 10,06 ^o	8,534	0,000
	Columna Lumbar	-23,82 \pm 6,39 ^o	-13,08 \pm 9,15 ^o	-10,74 \pm 9,17 ^o	-7,317	0,000
	Inclinación pélvica	13,56 \pm 5,05 ^o	6,56 \pm 6,09 ^o	7,00 \pm 5,86 ^o	7,462	0,000
Post-test	Columna Torácica	38,44 \pm 10,28 ^o	27,61 \pm 10,53 ^o	10,82 \pm 11,14 ^o	5,986	0,000
	Columna Lumbar	-24,33 \pm 6,73 ^o	-11,87 \pm 10,24 ^o	-12,46 \pm 11,80 ^o	-6,596	0,000
	Inclinación pélvica	13,03 \pm 4,73 ^o	4,54 \pm 5,05 ^o	8,49 \pm 5,01 ^o	10,580	0,000

Al clasificar los valores angulares en bipedestación en función de las referencias de normalidad, se observa un predominio de posturas alineadas en la curva torácica. Tras el entrenamiento, se produce un aumento del porcentaje

de tenistas que presentan valores angulares de hipercifosis torácica, tanto en bipedestación relajada como en bipedestación corregida. En cuanto a la rectificación torácica, hay un aumento del porcentaje de rectificaciones en la bipedestación relajada, mientras que en la bipedestación en autocorrección hay una disminución de morfotipos de rectificación torácica (figura 22).

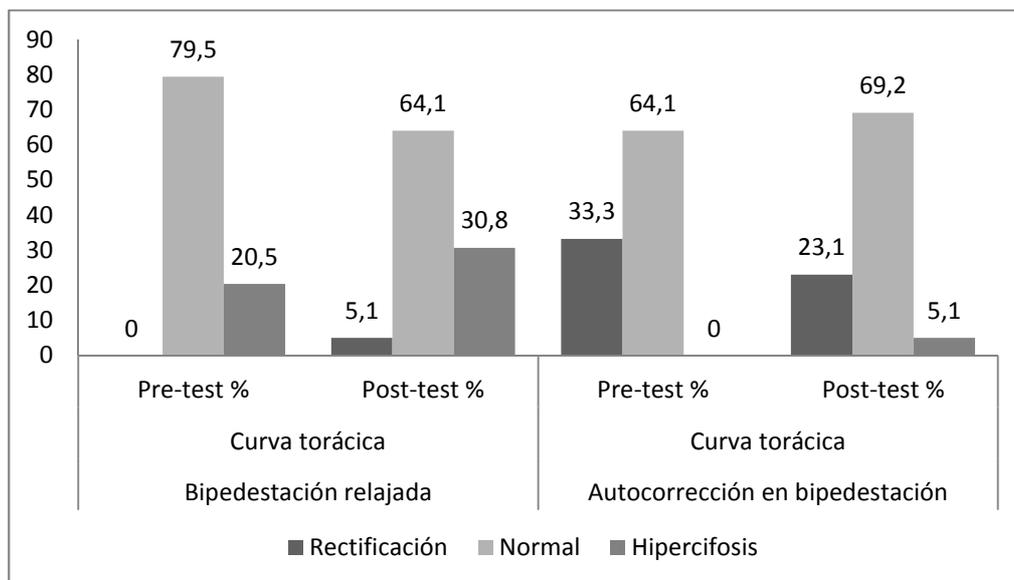


FIGURA 22. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva torácica, en posición de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación, en base a las referencias de normalidad del raquis torácico en bipedestación, antes y después del entrenamiento.

En la figura 23 se presentan los morfotipos raquídeos de la curva lumbar en función de las referencias de normalidad antes y después del entrenamiento. Antes del entrenamiento existe un predominio de los morfotipos de normalidad en la posición de bipedestación relajada, mientras que en la bipedestación en autocorrección hay un predominio de los morfotipos de rectificación raquídea. Después del entrenamiento, se muestra un mayor porcentaje de posturas en rectificación lumbar y una disminución en las posturas de normalidad en la posición de bipedestación relajada. Sin embargo, en la posición de bipedestación autocorregida no hubo cambios en la distribución porcentual.

Influencia de la práctica del tenis sobre las curvaturas sagitales del raquis y la extensibilidad isquiosural en deportistas adolescentes.

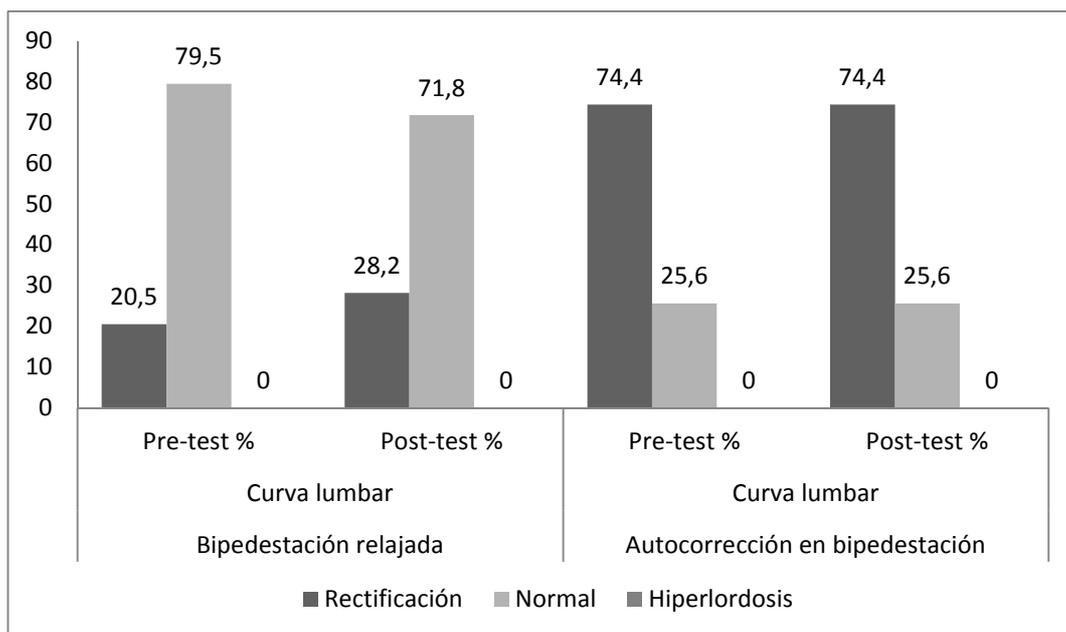


FIGURA 23. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva lumbar, en posición de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación, en base a las referencias de normalidad del raquis lumbar en bipedestación, antes y después del entrenamiento.

4.3. SEDENTACIÓN.

En cuanto a la postura de sedentación, en la tabla 12, se presentan los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar y los valores angulares de inclinación pélvica en las posiciones de sedentación relajada y máxima flexión del tronco en sedentación (test MacRae & Wright), antes y después del entrenamiento. En la posición de sedentación relajada, no hay diferencias significativas entre el pre-test y el post-test en las variables analizadas. Por otro lado, en la posición de máxima flexión en sedentación, sí existen diferencias significativas entre los valores angulares alcanzados antes y después del entrenamiento, tanto en la columna torácica como en la inclinación pélvica, mostrando una mayor angulación en la columna torácica y una disminución en la inclinación pélvica.

TABLA 12. Valores medios (\pm desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica, en el pre-test y post-test, de las posiciones de sedentación relajada y máxima flexión del tronco en sedentación.

Posiciones	Variable	Pre-test	Post-test	Valor t	p
Sedentación relajada	Columna Torácica	41,08 \pm 11,78 $^\circ$	40,89 \pm 9,47 $^\circ$	0,396	0,694
	Columna Lumbar	15,00 \pm 13,37 $^\circ$	14,82 \pm 12,98 $^\circ$	0,149	0,882
	Inclinación pélvica	-10,92 \pm 9,84 $^\circ$	-10,74 \pm 10,81 $^\circ$	-0,170	0,866
Máxima flexión del tronco en sedentación	Columna Torácica	65,08 \pm 12,01 $^\circ$	69,46 \pm 9,41 $^\circ$	-2,733	0,009
	Columna Lumbar	41,26 \pm 7,44 $^\circ$	39,92 \pm 7,36 $^\circ$	1,618	0,114
	Inclinación pélvica	44,08 \pm 5,86 $^\circ$	42,62 \pm 6,61 $^\circ$	2,146	0,038

En función de los valores de normalidad, en la posición de sedentación relajada, como muestra la figura 24, predominan en la curva torácica, los morfotipos de normalidad y cifóticos leves antes del entrenamiento y los morfotipos de normalidad y cifóticos moderados después del entrenamiento. Por otro lado, en la curva lumbar, se presenta un mayor porcentaje de morfotipos de normalidad y cifóticos moderados tanto antes como después del

entrenamiento. Comparando los morfotipos antes y después del entrenamiento, en la curva torácica hay un menor número de morfotipos cifóticos moderados y cifótico leve y un aumento de número de morfotipos de normalidad, mientras que en la curvatura lumbar, hay una disminución de los morfotipos de normalidad y cifótico moderado, asociados a un aumento de morfotipos cifóticos leves.

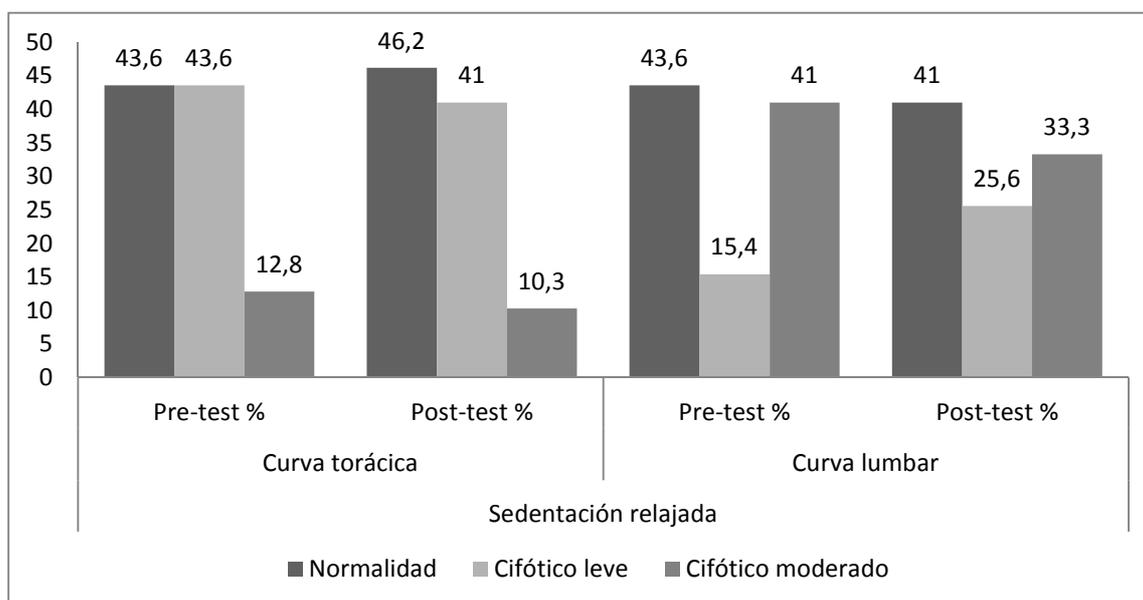


FIGURA 24. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de las curvaturas torácica y lumbar, en posición de sedentación relajada, en base a las referencias de normalidad del raquis, antes y después del entrenamiento.

4.4. DECÚBITO PRONO Y MÁXIMA EXTENSIÓN DEL TRONCO EN BIPEDESTACIÓN.

En la tabla 13 se muestran los valores angulares de las curvaturas lumbar y torácica, así como de la inclinación pélvica en las posiciones de decúbito prono y máxima extensión en bipedestación, tanto antes como después del entrenamiento. Se puede observar como los valores de las curvas torácicas se acercan a los valores de rectificación torácica en ambas posiciones, mientras que en la curva lumbar, en la posición de decúbito prono son más normalizados y los de máxima extensión del tronco en bipedestación son más acentuados. Comparando los valores obtenidos antes y después del entrenamiento, en la posición de decúbito prono hay diferencias significativas en el aumento de la curvatura lumbar después del entrenamiento, mientras que en la posición de máxima extensión del tronco en bipedestación, disminuye, de forma significativa, el valor angular de la curvatura lumbar después del entrenamiento.

TABLA 13. Valores medios (\pm desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica, en el pre-test y post-test, de las posiciones de decúbito prono y máxima extensión en bipedestación.

Posiciones	Variable	Pre-test	Post-test	Valor t	p
Decúbito prono	Columna Torácica	29,05 \pm 13,62°	28,10 \pm 12,07°	0,493	0,625
	Columna Lumbar	-29,69 \pm 5,81°	-31,69 \pm 6,20°	2,195	0,034
	Inclinación pélvica	108,00 \pm 4,72°	108,97 \pm 5,01°	-1,963	0,057
Máxima extensión del tronco en bipedestación	Columna Torácica	23,26 \pm 15,46°	23,77 \pm 14,82°	-0,211	0,834
	Columna Lumbar	-43,18 \pm 10,51°	-38,95 \pm 14,16°	-2,681	0,011
	Inclinación pélvica	-17,95 \pm 5,97°	-19,79 \pm 7,39°	2,017	0,051

4.5. TEST DE DISTANCIA DEDOS SUELO Y DEDOS PLANTA.

En la tabla 14 se presentan los valores angulares de las curvaturas del raquis y la inclinación pélvica en los test de extensibilidad isquiosural de distancia dedos suelo y dedos planta, antes y después del entrenamiento. En ninguno de los dos test se observan diferencias significativas entre la medición antes del entrenamiento con la que se realizó después del mismo, en ninguna de las curvaturas del raquis ni en la inclinación pélvica.

TABLA 14. Valores medios (\pm desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica, en el pre-test y post-test, de las pruebas de extensibilidad isquiosural de distancia dedos suelo y dedos planta.

Test	Variable	Pre-test	Post-test	Valor t	p
DD-S	Columna Torácica	56,72 \pm 10,71 ^o	57,92 \pm 11,06 ^o	-1,026	0,312
	Columna Lumbar	39,69 \pm 6,23 ^o	40,00 \pm 7,70 ^o	-0,352	0,727
	Inclinación pélvica	61,15 \pm 13,17 ^o	62,05 \pm 11,84 ^o	-1,170	0,249
DD-P	Columna Torácica	70,33 \pm 11,32 ^o	72,77 \pm 11,50 ^o	-1,582	0,122
	Columna Lumbar	34,77 \pm 7,11 ^o	34,18 \pm 8,09 ^o	0,903	0,372
	Inclinación pélvica	-19,58 \pm 10,36 ^o	-19,21 \pm 11,22 ^o	-0,362	0,720

DD-P: test de distancia dedos-planta; DD-S: test de distancia dedos-suelo.

Al analizar los valores obtenidos con los valores de normalidad en las curvaturas del raquis en el test de distancia dedos suelo después del entrenamiento (figura 25), disminuyen los morfotipos de normalidad y aumentan los morfotipos cifóticos leves y moderados en la curva torácica, mientras que en la curvatura lumbar no hay cambios en el morfotipo raquídeo. En cuanto al test de distancia dedos planta (figura 26), en la curva torácica se mantienen los casos de normalidad, mientras que disminuyen los morfotipos cifóticos leves y aumentan los cifóticos moderados. En cuanto a la columna

lumbar, aumentan los porcentajes de normalidad y de morfotipo cifótico leve, disminuyendo los morfotipos cifóticos moderados.

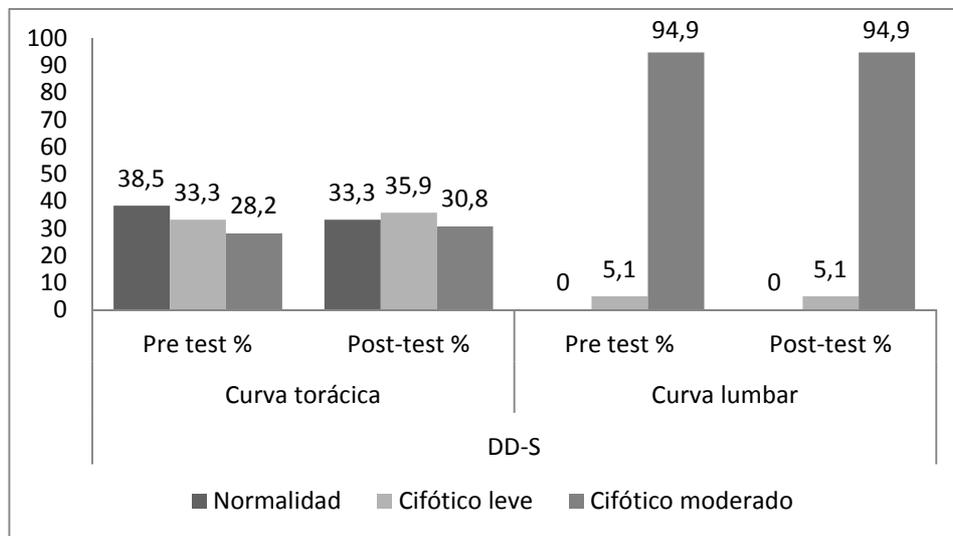


FIGURA 25. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de las curvaturas torácica y lumbar, en el test de distancia dedos-suelo, en base a las referencias de normalidad del raquis, antes y después del entrenamiento.

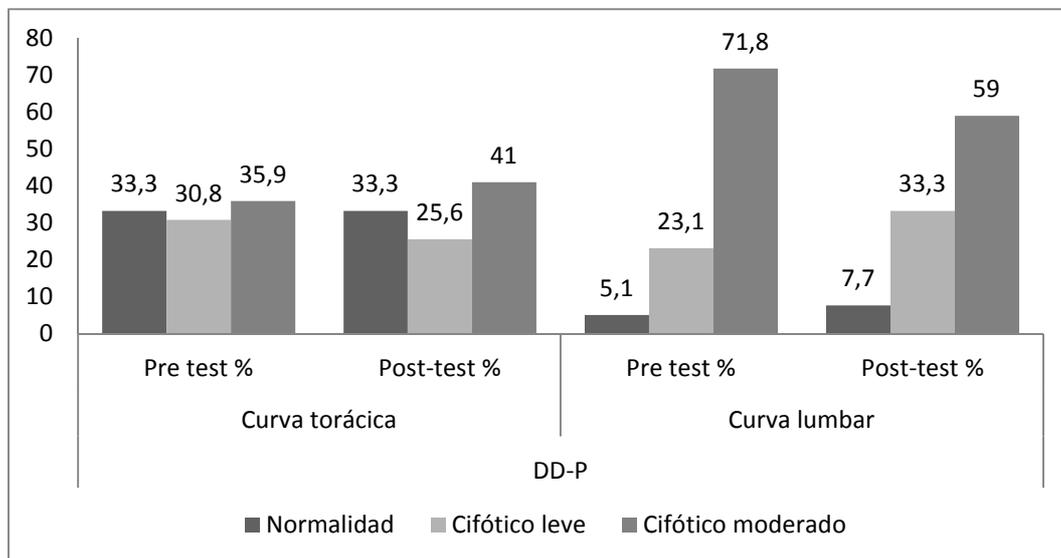


FIGURA 26. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de las curvaturas torácica y lumbar, en el test de distancia dedos-planta, en base a las referencias de normalidad del raquis, antes y después del entrenamiento.

En cuanto a la distancia alcanzada en ambas pruebas entre la medición realizada antes y después del entrenamiento (tabla 15), son menores los valores alcanzados tras el entrenamiento, existiendo diferencias significativas en los test de distancia dedos planta y dedos suelo.

TABLA 15. Valores medios (\pm desviación típica) de las distancias alcanzadas, en el pre-test y post-test, en las pruebas de extensibilidad isquiosural de distancia dedos suelo y dedos planta.

Test	Pre-test	Post-test	Valor t	p
DD-S	-6,12 \pm 8,69	-4,51 \pm 8,10	-3,782	0,001
DD-P	-3,90 \pm 8,12	-3,00 \pm 8,18	-2,104	0,042

DD-P: test de distancia dedos-planta; DD-S: test de distancia dedos-suelo.

En la figura 27 se presenta la distribución porcentual de los grados de cortedad isquiosural con referencia a los valores de normalidad de las pruebas de extensibilidad isquiosural de distancia dedos suelo y dedos planta. En la prueba de distancia dedos suelo, tras el entrenamiento, disminuyen los porcentajes de cortedad de grado I y II y aumentan los casos de normalidad, mientras en la prueba de distancia dedos planta disminuyen los casos de normalidad y cortedad de grado II y aumentan los casos de cortedad de grado I.

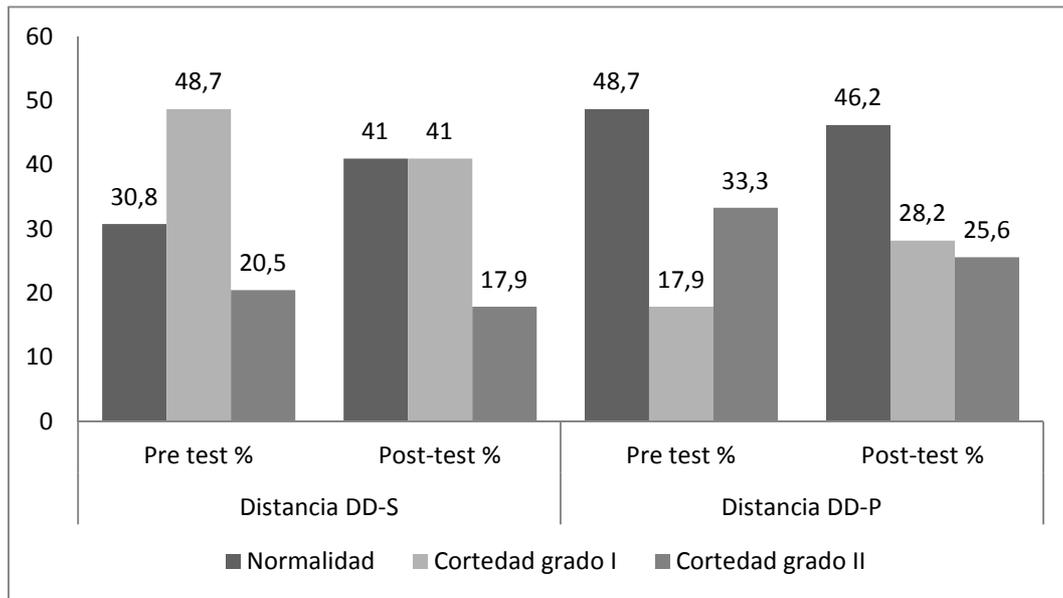


FIGURA 27. Distribución porcentual del grado de cortedad y normalidad de la extensibilidad isquiosural, en base a las referencias de normalidad, en los test de dedos-suelo y dedos-planta.

4.6. TEST DE ELEVACIÓN DE LA PIERNA RECTA ACTIVO Y PASIVO.

En la prueba de flexibilidad de elevación de pierna recta de manera activa y pasiva (tabla 16), existen diferencias significativas entre las mediciones realizadas, logrando mayores valores en la segunda medición que en la primera antes y después del entrenamiento, en ambos casos y en ambas piernas.

En la figura 28 se muestran los valores porcentuales de los grados de cortedad y normalidad con referencia a los valores de normalidad en la prueba de extensibilidad isquiosural de elevación de pierna recta de forma pasiva de ambas piernas, antes y después del entrenamiento. En la medición realizada después del entrenamiento, en comparación con la medición realizada antes de entrenar, en la pierna izquierda, aumentan los casos de normalidad y disminuyen los casos de cortedad de grado I y II, mientras que en la pierna derecha, aumentan los casos de normalidad, se mantienen los casos de cortedad de grado I y disminuyen los casos de cortedad de grado II.

TABLA 16. Valores medios (\pm desviación típica) de los valores angulares alcanzados, en el pre-test y post-test, en las pruebas de extensibilidad isquiosural de elevación de pierna recta de forma activa y pasiva.

Test	Variable	Pre-test	Post-test	Valor t	p
EPR Pasivo	Derecha	78,51 \pm 10,40°	80,77 \pm 11,47°	-2,446	0,019
	Izquierda	79,00 \pm 10,52°	81,26 \pm 10,50°	-2,608	0,013
EPR Activo	Derecha	65,44 \pm 9,22°	67,36 \pm 9,19°	-2,198	0,034
	Izquierda	64,77 \pm 9,20°	66,36 \pm 9,16°	-2,319	0,026

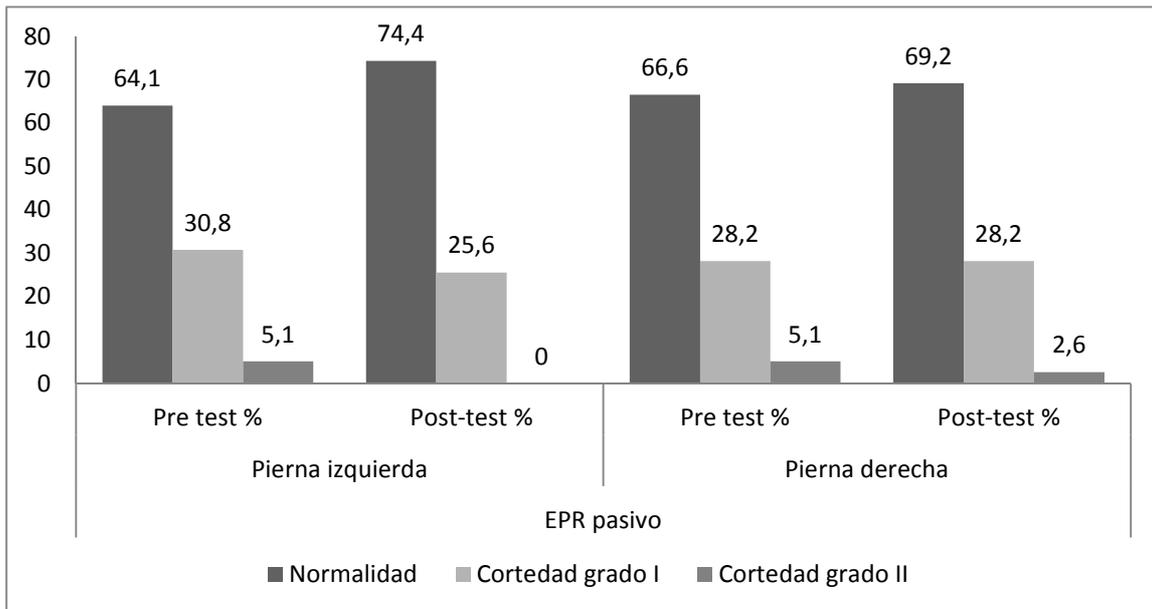


FIGURA 28. Distribución porcentual del grado de cortedad y normalidad de la extensibilidad isquiosural, en base a las referencias de normalidad, en el test pasivo de elevación de la pierna recta.

Discusión

- 5.1. FIABILIDAD EN LAS MEDICIONES CON SPINAL MOUSE®
- 5.2. ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN BIPEDESTACIÓN
- 5.3. ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN SEDENTACIÓN
- 5.4. ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN MÁXIMA FLEXIÓN DE TRONCO CON RODILLAS EXTENDIDAS
- 5.5. ANÁLISIS DE LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL
- 5.6. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO SOBRE LAS CURVATURAS DEL RAQUIS EN EL PLANO SAGITAL
- 5.7. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO SOBRE LA EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

5.1. FIABILIDAD EN LAS MEDICIONES CON SPINAL MOUSE®.

Para la valoración del morfotipo raquídeo en diferentes posiciones, se utilizó el Spinal Mouse®, debido a que se trata de una técnica no invasiva, reproducible, válida y fiable para la medición del perfil sagital del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica (Carlucci et al., 2001; Kellis et al., 2008; Kiss, 2008; Mannion et al., 2004; Post & Leferink, 2004), así como por su buena correlación con la medición radiográfica (Guermazi, 2006).

Con el objetivo de establecer la fiabilidad intraexplorador en las mediciones, se evaluaron a 18 adolescentes que no formaron parte de la muestra final del estudio. La disposición angular del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica fueron valoradas en las posiciones de bipedestación relajada, sedentación asténica y decúbito prono, porque estas tres posiciones permiten una menor variabilidad en la posición adoptada. De este modo, es posible determinar la fiabilidad sin que las variaciones posturales afecten, de forma significativa, a las mediciones.

Tras la prueba del índice de correlación intraclase (ICC), se obtuvo una “alta fiabilidad” con unos valores de ICC iguales o superiores a 0,91 en todas las posiciones evaluadas. Otros estudios que han evaluado la fiabilidad intraexplorador mediante el Spinal Mouse® han encontrado un ICC entre 0,76 y 0,96 (Guermazi y cols., 2006; Kellis y cols., 2008; Kiss, 2008; Mannion y cols., 2004; Post y Leferink, 2004), si bien sólo analizan la posición en bipedestación.

5.2. ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN BIPEDESTACIÓN.

En el presente estudio se encontró un valor medio de cifosis torácica de $38,74 \pm 7,45^\circ$, y al clasificar los valores de los tenistas en base a los valores de normalidad establecidos por diferentes autores (Contreras, Miranda, Ordóñez, Miranda & Diez, 1981; López-Miñarro et al., 2007; & Santonja, 1993), un 79,5% estaban dentro de los valores de normalidad y el 20,5% presentaban valores de hipercifosis.

Esta distribución porcentual coincide con un estudio reciente realizado en tenistas adolescentes (Muyor, Sánchez-Sánchez, Sanz-Rivas y López-Miñarro, 2013), en el que encontraron un 75% de tenistas con valores de normalidad en bipedestación relajada, mientras que un 25% presentaban valores hipercifóticos.

En relación con otros estudios que incluyen muestras de deportistas jóvenes de otras disciplinas, el presente estudio encuentra un mayor porcentaje de normalidad en bipedestación. Por ejemplo, López-Miñarro et al. (2010) encontraron que el 37% de los kayakistas presentaban una cifosis torácica dentro de los rangos de normalidad mientras que el 63% de la muestra presentaban hipercifosis torácica. Muyor et al. (2011) en un estudio con ciclistas de élite presentaron que el 41,7% de los ciclistas tenían una cifosis torácica normal, mientras un 58,3% tenían una hipercifosis torácica.

La tendencia al aumento de la cifosis torácica en bipedestación en deportistas, respecto a un grupo control se ha evidenciado también en futbolistas prepuberales (Boldori et al., 1999), en jugadoras de hockey, en el que predominan los movimientos en flexión del tronco para el manejo del stick (Rajabi et al., 2007), y en deportistas de lucha greco-romana, donde su posición básica es en flexión de tronco (Rajabi et al., 2008). Por otro lado, en deportes como la gimnasia rítmica (Martínez, 2004; Kums et al., 2007) y la danza (Gómez, 2007; Nilsson et al., 1993) se han encontrado valores angulares en el raquis torácico mucho más reducidos.

Martínez (2004) valoró mediante un inclinómetro, el morfotipo raquídeo de 242 gimnastas divididas en tres grupos (82 gimnastas de competición; 81 gimnastas del equipo de base; y un grupo control de 79 niñas que no practicaban deporte). Los dos grupos de gimnastas mostraron una mayor frecuencia de casos de normalidad en el raquis torácico en bipedestación, en comparación con el grupo control. Más recientemente, Kums et al. (2007) también encontraron en un grupo de 32 gimnastas de rítmica, valores angulares más reducidos para el raquis torácico en bipedestación con respecto a un grupo control que no realizaba deporte. En niños de una escuela de danza con un volumen de práctica de 10 horas a la semana, Nilsson et al. (1993) observaron una cifosis torácica en bipedestación 18° inferior respecto a niños sedentarios de la misma edad. Gómez (2007) en bailarinas de grado medio, encontró un 67% de casos con una cifosis torácica dentro de la normalidad y un 33% con rectificación. En cambio, no encontró caso alguno con hipercifosis torácica. El mayor porcentaje de casos de normalidad y rectificación en estos deportistas podría estar relacionado con el alto volumen de entrenamiento que se dedica a la mejora de la actitud y conciencia postural frente al espejo, potenciando posturas de mayor alineación del raquis.

Pastor (2000) tras valorar el morfotipo raquídeo en nadadores de élite de categoría infantil y promesa, encontró que la práctica de la natación de forma continuada en el tiempo y con un elevado volumen de entrenamiento provocaba, en niños y púberes, una tendencia al incremento de la cifosis torácica. Pastor (2000) realizó una comparación de corte transversal entre categorías, valorando en el mismo momento a diferentes sujetos de edades distintas, lo que supone una limitación desde el punto de vista metodológico. Además, no realizó una comparación con un grupo control de sujetos no deportistas, para poder determinar si los resultados observados tienen alguna influencia con la práctica específica de la natación. En la evolución del morfotipo raquídeo en función de la edad (categoría), este estudio ha mostrado resultados similares a los nadadores, de modo que a mayor categoría había mayor angulaciones para la cifosis torácica.

Estudios como los de Boldori et al. (1999), Pastor (2000), Rajabi et al. (2000, 2007 y 2008) concluyen que la práctica deportiva sistematizada y con

altas cargas de trabajo, puede provocar adaptaciones en el morfotipo raquídeo torácico, que dependerían de la técnica y el gesto predominante en la disciplina deportiva.

Unos valores torácicos aumentados pueden ser la manifestación de alteraciones morfológicas en el raquis (hipercifosis estructuradas) o un problema de esquema corporal (actitudes cifóticas). En este sentido, Santonja et al. (2002) realizaron una comparación entre los valores angulares de las curvas sagitales del raquis obtenidas en bipedestación y en decúbito prono en 42 bailarinas, utilizando ésta última posición como maniobra de autocorrección. Estos autores no encontraron diferencias significativas entre ambas evaluaciones debido, probablemente, al gran trabajo que realizan estas deportistas sobre su esquema corporal y al alto porcentaje de casos en valores de normalidad.

En este sentido, en este estudio se han utilizado la autocorrección en bipedestación, la medición en decúbito prono y la máxima extensión de tronco en bipedestación para comparar los valores con la bipedestación relajada, obteniendo, en el caso de la autocorrección en bipedestación los valores obtenidos fueron de $25,00 \pm 10,51^\circ$, lo que se corresponde con un 33,3% de los casos valores de rectificación, un 64,1% de valores de normalidad y ningún caso de hipercifosis torácica. Lo mismo ocurre con los valores hallados en la posición de decúbito prono en el que los valores fueron de $29,05 \pm 13,62^\circ$ y extensión máxima de tronco ($23,26 \pm 15,46^\circ$), donde ninguno de los sujetos presentó valores de hipercifosis torácica.

En la valoración de la disposición angular de la curva lumbar en bipedestación se hallaron los siguientes valores medios $23,82 \pm 6,39^\circ$, lo que supone que la mayoría de los tenistas (79,5%) presentaron angulaciones normales, frente al 20,5% que obtuvieron valores de rectificación lumbar. Estos datos son similares a los encontrados en un estudio con tenistas adolescentes realizado por Muyor et al. (2013) en el que el 87,5% de la muestra analizada presentaba valores de normalidad lumbar

En un estudio reciente con tenistas realizado por Gallotta et al. (2015) en el que analizaban el raquis lumbar antes y después de dos sesiones

específicas de tenis, no encontraron diferencias significativas entre los datos hallados antes y después del entrenamiento.

El elevado porcentaje de casos dentro de los valores de normalidad para el raquis lumbar en bipedestación, coincide con otros estudios que han evaluado a otros deportistas. En deportes donde no predominan las posiciones de flexión lumbar mantenidas como es el caso de corredores (López-Miñarro et al., 2009a), futbolistas (Sainz de Baranda et al., 2001) o gimnastas de trampolín (Sainz de Baranda et al., 2009), se ha encontrado un alto porcentaje de deportistas con una lordosis lumbar normal. Gómez (2007) encontró en bailarinas de ballet clásico y danza española que un 92,9% presentaban una lordosis normal. Nilsson et al. (1993) en bailarines de danza jóvenes observó una mayor frecuencia de casos con rectificación lumbar en comparación con sujetos no deportistas. Este hecho podría estar relacionado con el alto volumen de ejercicios realizados frente al espejo intentando reducir la lordosis lumbar para mostrar un raquis más alineado y con curvas suaves. López-Miñarro et al. (2007a) en usuarios de salas de musculación, encontraron un 83,9% de sujetos con una lordosis lumbar normal, mientras que un 3,8% y 12,3% presentaban un morfotipo lumbar rectificado e hiperlordótico, respectivamente.

Boldori et al. (1999) en una muestra de 859 deportistas y un grupo de 2915 sujetos no deportistas, observaron que el 24% de los sujetos del grupo control, así como tenistas, gimnastas y baloncestistas, el 15% de los futbolistas y el 11,9% de los nadadores, presentaban hiperlordosis lumbares. Por tanto, dada la prevalencia de morfotipos raquídeos fuera de los valores establecidos como normales, los autores consideran necesaria una evaluación del raquis en niños que quieren practicar algún deporte. En este sentido, Öztürk et al. (2008), observaron en 70 exjugadores de fútbol con una experiencia deportiva de 11 años, una mayor degeneración vertebral y una importante disminución en la altura de los discos intervertebrales significativamente mayor que un grupo de 59 sujetos de la misma edad que no practicaban ejercicio físico.

En otros deportes como en piragüismo, que se caracterizan por mantener una postura de sedentación prolongada en el caso de los kayakistas y de flexión-extensión cíclica en el caso de los canoistas, López-Miñarro et al. (2008a) observaron que un 91,3% de los kayakistas y el 90% de los canoistas

presentaban valores angulares normales para el raquis lumbar en bipedestación. El 8,7% de los kayakistas y el 10% de los canoistas presentaban rectificación lumbar. Ninguno de ellos tuvo hiperlordosis lumbar, probablemente como una adaptación del raquis a la sedentación prolongada en el caso de los kayakistas y a la flexo-extensión cíclica del raquis en los canoistas.

Por otro lado, también existen estudios que refieren importantes porcentajes de casos con desalineaciones raquídeas lumbares en bipedestación. Martínez (2004) encontró un mayor porcentaje de casos con hiperlordosis lumbar en gimnastas de rítmica en comparación con un grupo control de no deportistas de la misma edad. En este deporte, las gimnastas realizan multitud de ejercicios con el raquis lumbar en hiperextensión, alcanzando rangos articulares extremos.

Todos estos datos son importantes debido a que es más conveniente mantener el raquis lumbar lo más lineado posible, ya que aunque sólo el 60% de la masa corporal se localice en L3-L4, en una postura de sedentación o bipedestación con 20° de flexión, la carga soportada en L3-L4, aumenta hasta un 200% del peso corporal (Doers & Kang, 1999).

Aramendi et al. (1998) y Usabiaga et al. (1997) indicaron que si se invierten los ángulos de los discos intervertebrales, se produce un desplazamiento del núcleo pulposo hacia la parte posterior del disco intervertebral, que facilitaría las protrusiones y extrusiones discales. En esta línea, sería interesante analizar la posición del raquis en el tenis tras realizar el servicio o el remate. En este sentido podemos observar unas de las limitaciones del presente estudio, ya que en el tenis no se dan posiciones estáticas, sino que hay una infinidad de posibilidades de la disposición del raquis dependiendo de muchas variables como la altura de la pelota a la hora del golpeo, distancia de la pelota del cuerpo en el momento del impacto, etc. y que requieren de otro tipo de materiales para realizar las mediciones.

La flexión intervertebral genera una clara influencia en la respuesta ligamentosa a los estímulos de tracción, así como en la actividad eléctrica de los músculos del tronco (McGill & Brown, 1992). Solomonow et al. (2003)

observaron un silencio mioeléctrico en el erector espinal, conocido como fenómeno flexión-relajación, que se producía a los $46,1 \pm 8,9^\circ$ de flexión lumbar. Como se ha mencionado, sería interesante analizar la disposición del raquis tanto en el remate como en el servicio para comprobar si se producen estas adaptaciones fisiológicas en el tenis en el momento de inversión lumbar.

En cuanto a la disposición angular de la pelvis en deportistas, existen pocos estudios que analicen su posición en los gestos deportivos específicos. Los diferentes estudios nacionales e internacionales que analizan el morfotipo raquídeo, no han considerado el análisis de la posición de la pelvis. Según Santonja et al. (2000), no existe unanimidad a la hora de delimitar los diferentes ángulos que miden la disposición de la pelvis ni tampoco sobre la nomenclatura de los mismos. Algunos estudios radiográficos han definido la inclinación pélvica como el ángulo formado por la línea vertical que parte desde la articulación coxofemoral y la línea dibujada desde el punto medio del platillo vertebral del sacro hasta la articulación coxofemoral (Barrey et al., 2007; Berthonnaud et al., 2005; Kuntz et al., 2008; Mac-Thiong et al., 2004, 2007; Schwab et al., 2009; Vaz et al., 2002). Otros, la han definido como el ángulo formado entre la intersección creada por la línea que va desde el platillo inferior de la vértebra S1 hasta el acetábulo de la articulación coxofemoral y el plano horizontal (Harrison et al., 2002). Estudios basados en técnicas no radiográficas han definido la inclinación pélvica como el ángulo formado entre la inclinación del sacro y el plano horizontal (Prushansky et al., 2008), o bien como el ángulo formado mediante la línea creada entre la espina ilíaca antero-superior y la espina ilíaca antero-posterior con el plano horizontal (Bressel & Larson, 2003; Walker et al., 1987). Otros autores han calculado la inclinación pélvica mediante fórmulas trigonométricas, determinando la altura respecto al suelo de las espinas ilíacas anterosuperiores y posterosuperiores y la distancia entre las mismas, calculando la inclinación del plano que pasa por esos cuatro puntos (Alviso et al., 1988; Ruiz-Ibán et al., 2005).

El ángulo sacro-cadera o inclinación pélvica, se ha definido en este estudio en función del sistema que utiliza el Spinal Mouse® para su cálculo, basado en el ángulo de inclinación del sacro con respecto al plano vertical. La inclinación pélvica es importante debido a la íntima relación entre la posición de

la pelvis y el raquis lumbar, de modo que un incremento de la inclinación pélvica aumenta el valor angular de la lordosis lumbar, mientras que una retroversión pélvica, disminuye la misma (Day et al., 1984; Levine & Whittle, 1996). En este sentido Estudios radiográficos han mostrado, en sujetos asintomáticos, que en bipedestación relajada la pelvis desempeña una importante función en el equilibrio postural (Schwab et al., 2006). En este sentido, aquellos sujetos que mostraron un mayor aumento de la cifosis torácica, con la finalidad de compensar la posición adelantada con respecto al centro de gravedad, presentaban una menor lordosis lumbar e inclinación pélvica (Lafage et al., 2008).

Los datos de este estudio mostraron unos valores medios de inclinación pélvica en bipedestación relajada de $13,56 \pm 5,05^\circ$ que se corresponden a una postura neutral de la pelvis en ligera anteversión, mientras que en la posición de bipedestación en autocorrección fueron de $6,56 \pm 6,09^\circ$.

Con respecto al estudio realizado por Muyor et al. (2011) en un estudio con ciclistas, detectó una inclinación pélvica en bipedestación en los grupos senior-élite y grupo control, con valores de $13,6 \pm 5,5^\circ$ y $14,5 \pm 5,4^\circ$.

5.3. ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN SEDENTACIÓN.

La sedentación es una de las posiciones más frecuentes y habituales en las que permanecen durante más tiempo las personas al cabo del día. En este sentido, el interés en la evaluación de dicha posición radica en conocer si la práctica del tenis puede influir en la misma, ya que en este deporte existen hiperextensión e flexiones máximas del tronco de manera dinámicas y explosivas.

En lo referente al raquis torácico en la sedentación relajada los valores medios obtenidos fueron de $41,08 \pm 11,78^\circ$, lo cual se corresponde según los valores de referencia de normalidad los expuestos por Martínez (2004), a que el 43,6% presentaban valores de normalidad (siendo un 35,9% menos que en bipedestación), otro 43,6% presentaban valores de cifosis leve y el 12,8% se valoraron como cifótico moderado, mientras que en la bipedestación relajada no había ningún caso. En el caso de la flexión máxima de tronco los valores medios obtenidos fueron de $65,08 \pm 12,01^\circ$ lo que supone un aumento de más de 20° en la curvatura torácica. Estos datos pueden reproducirse durante el juego en los gestos técnicos del servicio y el remate, en los que el tenista realiza una flexión de tronco de manera explosiva.

En lo que respecta a la curvatura lumbar, los valores medios fueron de $15,00 \pm 13,37^\circ$ de inversión lumbar, lo que se traduce, tomando los valores de referencia los expuestos por Martínez (2004), en que el 43,6% estaban dentro de los valores de normalidad (lo que supone un 35,9% menos de casos de normalidad), el 15,4% presentaban una cifosis leve y el 41% registraron valores cifóticos moderados, mientras que en la bipedestación relajada no había ningún caso de inversión lumbar. Al igual que en la curvatura torácica, en la flexión máxima tronco también hay un aumento de los valores de la curva lumbar respecto a la sedentación relajada ($41,26 \pm 7,44^\circ$), aumentando en casi 30° la inversión lumbar. En este sentido, la flexión intervertebral del raquis lumbar produciría una disminución de la actividad muscular, donde los tejidos pasivos (ligamentos y fascia tóraco-lumbar) deben sostener el momento de resistencia generado, estresando las estructuras pasivas, circunstancia que además de

estar relacionada con las algias raquídeas (Callaghan & Dunk, 2002), también produce una deformación viscoelástica acumulativa de los ligamentos vertebrales (Solomonow et al., 2003).

En un estudio realizado por Muyor et al. (2011) con ciclistas de élite, en el análisis del raquis torácico se encontró una mayor cifosis en los tres grupos de ciclistas analizados en comparación con el grupo control, siendo la categoría máster 40/50 la que presentó valores torácicos más elevados. Cabe destacar que el 51% presentó un morfotipo cifótico leve. Sin embargo, en el raquis lumbar no se encontraron diferencias significativas entre los grupos analizados, observando posturas de inversión lumbar en todos ellos.

Sáinz de Baranda et al. (2009) observaron, en gimnastas de trampolín, una alta frecuencia de morfotipos cifóticos leves en sedentación tanto en la curva torácica como en la lumbar. Esta tendencia podría estar relacionada con las exigencias del deporte, pues han de mantener posiciones forzadas del tronco.

Teniendo en cuenta la dificultad para mantener una sedentación ideal, con una suave cifosis torácica y lordosis lumbar (Claus et al., 2009b), parece evidente que la sedentación prolongada es un factor de riesgo importante de algia lumbar, especialmente al mantener posturas más flexionadas. Datos epidemiológicos han destacado la existencia de un mayor riesgo de hernia discal en aquellas personas que pasan mucho tiempo en sedentación (Green et al., 2002; Lengsfeld et al., 2000). Además, en esta postura existe mayor presión intradiscal respecto a la bipedestación (Sato et al., 1999; Wilke et al., 1999), se incrementa el estrés en la pared posterior del anillo fibroso, los ligamentos posteriores reducen su resistencia a la flexión, disminuye la estabilidad antero-posterior, se incrementan los movimientos de cizallamiento y se reduce la ventaja mecánica de los extensores lumbares (McGill, 1997b).

5.4 ANÁLISIS DE LOS VALORES ANGULARES DEL RAQUIS EN MÁXIMA FLEXIÓN DE TRONCO CON RODILLAS EXTENDIDAS.

Para la evaluación de la dinámica del raquis, se realizaron los test de flexión máxima del tronco en sedentación con rodillas extendidas “dedos-planta” (DD-P) y flexión máxima del tronco en bipedestación con rodillas extendidas “dedos-suelo” (DD-S). Estos test también han sido realizados en diferentes estudios con la finalidad de evaluar la frecuencia de casos de cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en deportistas jóvenes (Gómez, 2007; López-Miñarro et al., 2010; Martínez, 2004; Muyor, 2013; Pastor, 2000).

En el presente estudio los valores obtenidos en lo referente la curvatura torácica durante el test de dedos-suelo (DD-S) fueron de $56,72 \pm 10,71^\circ$ que se corresponden según los datos de normalidad (Martínez, 2004) con un 38,5% de casos de normalidad, el 33,3 de cifóticos leves y el 28,2 de cifóticos moderados. En el caso del test de dedos-planta (DD-P) los valores medios fueron $70,33 \pm 11,32^\circ$ correspondiéndose según Martínez (2004) con 33,3% de casos de normalidad, un 30,8% de casos cifóticos leves y 35,9% de cifóticos moderados. La diferencia observada entre ambos test, podría deberse a la mayor estabilidad y seguridad que tienen los sujetos en el test DD-P al estar sentados en el suelo (Rodríguez & Santonja, 2001). Esta situación ayudaría a disponer al raquis a una mayor flexión para el alcance de la máxima distancia y, por tanto, habría un mayor número de sujetos con su raquis fuera de los valores de normalidad. Además, la influencia de la fuerza de la gravedad en el test DD-S condiciona la postura del raquis torácico y lumbar (Miñarro et al., 2007b).

En esta línea, comparando estos valores con la flexión máxima de tronco en sedentación con flexión de rodillas ($65,08 \pm 12,01^\circ$) es bastante similar, situándose los valores entre los obtenidos en ambos test.

En un estudio realizado por Muyor et al. (2011) observaron que el grupo control dispuso su raquis torácico en una postura de mayor flexión que respecto a los grupos de ciclistas. El grupo senior/élite fue el grupo que presentó más casos de cifosis torácica leve, con un 36% para el test DD-P y un 10,3% en el test DD-S. En cuanto a los porcentajes de normalidad para el

raquis torácico en el test DD-S, los tres grupos de ciclistas analizados arrojaron valores superiores al 90%, mientras que el grupo control presentó un 85,3%. Sin embargo, para el test DD-P los porcentajes de normalidad para el raquis torácico se encontraban en torno al 60%.

Los valores obtenidos en este estudio, en base a las referencias de normalidad para el test DD-P, difieren ostensiblemente de los presentados por Martínez (2004), ya que en gimnastas de rítmica encontró un 95% de las gimnastas de competición y un 84% de las gimnastas de equipos de base con valores de normalidad para el raquis torácico, e incluso llegó a encontrar casos de rectificaciones dorsales, que en los tenistas no se han encontrado. En cambio, para el test DD-S, observó un 78% de gimnastas de competición y un 68% de gimnastas de base dentro de la normalidad para el raquis torácico

Del mismo modo, Gómez (2007) encontró, en bailarinas de grado medio, un 95,24% de casos con valores normales y un 4,76% con una hipercifosis leve en el test DD-P, sin que hubiera caso alguno con hipercifosis moderada y en test DD-S, el 90,42% se encontraban dentro de la normalidad.

En otros deportes donde no existe tanto trabajo y control del esquema corporal se han encontrado menores porcentajes de casos dentro de la categoría de normalidad, al valorar las curvas raquídeas en el test DD-P. En futbolistas, Sainz de Baranda et al. (2001) encontraron un 55,12% de casos dentro de la normalidad y un 18% con cifosis torácica leve. López et al. (2005), también en futbolistas, aunque no clasificaron sus resultados con las mismas referencias de normalidad, observaron mayores valores de cifosis en el grupo control (no deportistas).

En jugadores de fútbol sala, López-Miñarro et al. (2007b) encontraron un valor medio para el raquis torácico definido como morfotipo cifótico leve.

Resultados similares se observaron en piragüistas de categoría infantil, que mantienen una posición de sedentación con rodillas ligeramente flexionadas al palear, en el caso de los kayakistas, y una flexo-extensión raquídea, junto a una rotación e inclinación lateral cíclicas en el caso de los canoistas (García-Ibarra et al., 2007). Éste último estudio encontró, en

kayakistas y canoistas, valores medios para el raquis torácico dentro del rango de un morfotipo cifótico leve

Más recientemente, López-Miñarro y Alacid (2010), en un grupo de 140 piragüistas adolescentes, entre 13 y 15 años, encontraron un predominio de morfotipos alterados al realizar el test DD-P con un 33,8% y 59,8% de los deportistas con un morfotipo cifótico leve y moderado, respectivamente.

En lo que respecta a la curvatura lumbar, en el presente estudio se obtuvieron valores medios en el test de DD-S de $39,69 \pm 6,23^\circ$ y en el test de DD-P de $34,77 \pm 7,11^\circ$ lo que expresado en porcentaje según los valores de normalidad según Martínez (2004) corresponden con un 5,1 % de casos de cifótico leve y un 94,9% de cifótico moderado en el test de DD-S y un 23,1% de cifóticos leves y un 71,8% de cifóticos moderados. En el caso del DD-S no existe ningún caso de normalidad, sin embargo, en el test DD-P se registraron el 5,1% de casos de normalidad.

Comparando estos datos con los de sedentación relajada y máxima flexión de tronco, los datos obtenidos fueron de $15,00 \pm 13,37^\circ$ y $41,26 \pm 7,44^\circ$ respectivamente. En el caso de la sedentación relajada los valores comparados con los de normalidad arrojan que el 43,6% de los sujetos están dentro de la normalidad, 15,4% presentan un morfotipo raquídeo cifótico leve y 41% cifótico moderado. Lo que indica que al realizar una flexión profunda del tronco se aumenta la inversión lumbar al intentar alcanzar la distancia máxima en los test. Este incremento de la inversión puede ser debido a la falta de extensibilidad de la musculatura isquiosural que provoca una deficiente inclinación pélvica, ya que, según Chanplakorn et al. (2010), la columna lumbar y la pelvis trabajan conjuntamente para mantener el equilibrio lumbopélvico.

En este sentido, se ha encontrado que la extensibilidad isquiosural influye sobre el morfotipo raquídeo y la pelvis de los deportistas (López-Miñarro et al., 2009a; Rodríguez-García et al., 2008).

Muyor et al. (2011) encontraron que el grupo senior/élite presentó las mayores flexiones lumbares con respecto al resto de grupos en el test DD-P, siendo el grupo máster 40/50 el que menor valor angular mostró para el raquis lumbar, arrojando diferencias significativas respecto al grupo anterior. Los

porcentajes de casos en función de las referencias de normalidad, para el raquis lumbar, en el test DD-S siguieron la misma tendencia que en el test DD-P, con un 73,3% de casos de cifosis lumbar moderada para el grupo senior/élite. Mientras que los ciclistas muestran un morfotipo raquídeo torácico en flexión máxima del tronco, más alineado que el grupo de no deportistas, en la curva lumbar, la tendencia es a la inversa. Debido a la mayor movilidad lumbar de los ciclistas, estos muestran mayores inversiones lumbares en posiciones de flexión máxima.

Martínez (2004), para el raquis lumbar, encontró un 50% de gimnastas de competición y un 53% de gimnastas de base con un morfotipo cifótico leve debido a los movimientos y ejercicios en flexión e hiperextensión lumbar realizados en los entrenamientos, que provocan una hipermovilidad en este segmento del raquis.

Gómez (2007) en el test DD-P en lo referente al raquis lumbar, sus datos mostraron un 57,14% de angulaciones normales, un 35,71% con un morfotipo cifótico leve y un 7,14% con una cifosis moderada. Y en el test DD-S, para el raquis lumbar, el 73,8% estaban dentro de los valores considerados como normales. El elevado porcentaje de casos encontrados en valores de normalidad para el raquis lumbar, pone de manifiesto el mayor control postural que mantienen las bailarinas en posiciones de máxima flexión de tronco en bipedestación.

López et al. (2005) en un estudio realizado con futbolistas mostraron mayores valores de movilidad lumbar que el grupo control (no deportistas).

En jugadores de fútbol sala, López-Miñarro et al. (2007b) encontraron un valor medio para el raquis lumbar definido como morfotipo cifótico leve. Resultados similares se observaron en piragüistas de categoría infantil (García-Ibarra et al., 2007). Éste último estudio encontró, en kayakistas y canoistas, valores medios para el raquis lumbar valores medios que correspondían a un morfotipo cifótico moderado.

En cuanto a la inclinación pélvica en el test DD-S con respecto a los obtenidos en la flexión máxima de tronco fueron de $61,15 \pm 13,17^\circ$ y $44,08 \pm 5,86^\circ$

respectivamente. Esta menor inclinación de la pelvis puede estar debida a la influencia de la musculatura isquiosural sobre el movimiento pélvico (Gajdosik et al., 1994; López-Miñarro et al., 2007b; 2008e; López-Miñarro et al., 2009a, b), lo que conlleva a que la inversión lumbar en el test DD-S sea mayor que en la máxima flexión de tronco.

Esta influencia de la musculatura isquiosural sobre el movimiento pélvico puede ser la causa de que en el test DD-P todos los tenistas analizados adoptaran una posición de retroversión pélvica al realizar el test ($-19,58 \pm 10,36^\circ$).

En este sentido, Gajdosik et al. (1994) encontraron que una menor extensibilidad isquiosural estaba asociada a un menor rango de movimiento del raquis lumbar y flexión pélvica, y a una mayor flexión torácica.

Por su parte, López-Miñarro et al. (2009a) observaron esta misma tendencia en piragüistas infantiles de élite. Aquellos deportistas con menor extensibilidad isquiosural mostraron mayores angulación del raquis torácico, una menor flexión lumbar y una mayor retroversión pélvica.

En el estudio realizado con ciclistas (Muyor et al. 2011), en cuanto a la posición de la pelvis en el test DD-P, todos los grupos adoptaron una postura de retroversión, si bien los ciclistas alcanzaron posiciones de menor retroversión que el grupo control, especialmente los ciclistas del grupo senior/élite. Estos datos están en consonancia con los obtenidos por McEvoy et al. (2007) que compararon, mediante el test “*long-sitting*” (en sedentación con rodillas extendidas), el ángulo pélvico en un grupo de ciclistas experimentados y en un grupo de personas que no practicaban ciclismo. Sus resultados mostraron que el grupo de ciclistas alcanzaba un ángulo significativamente mayor, así como una menor variabilidad en sus resultados, que el grupo de no deportistas.

5.5. ANÁLISIS DE LA EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL.

La valoración de la extensibilidad isquiosural en deportistas es muy importante porque una disminución de la misma se ha relacionado con una mayor cifosis torácica en los movimientos de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas (Gajdosik et al., 1994), alteraciones del ritmo lumbo-pélvico (Esola et al., 1996) y un mayor riesgo de repercusiones en el raquis dorso-lumbar (Ferrer, 1998; Santonja & Martínez, 1992; Santonja et al., 1995b, c; Santonja et al., 1995b). Además, la disminución de la extensibilidad isquiosural se ha relacionado con un mayor riesgo de lesiones musculares (Jonhagen et al., 1994; Krivickas & Feinberg, 1996; Witvrouw et al., 2003; Worrell et al., 1994), especialmente en el raquis lumbar (Biering-Sorensen, 1984; Mellin, 1986; Reis et al., 1996; Wherenberg & Costello, 1993), así como lesiones articulares, concretamente en la rodilla (Messier et al., 2008).

5.5.1. Datos de la extensibilidad isquiosural en test lineales.

Con frecuencia, la extensibilidad isquiosural se valora mediante test lineales que miden la distancia alcanzada respecto a la tangente de las plantas de los pies en un movimiento de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas.

El test de distancia DD-P es el más frecuentemente utilizado ya que garantiza un buen equilibrio en el sujeto evaluado y estabilidad de las rodillas en extensión. Además, al igual que el DD-S, es sencillo y altamente reproducible. No obstante, hay que prestar atención al compromiso raquídeo que genera, debiendo ser utilizado de forma esporádica y no repetitiva (Rodríguez & Santonja, 2001).

Los test lineales tienen ventajas e inconvenientes. Como principal inconveniente destacan la influencia de los factores antropométricos (Hopkins & Hoeger, 1992; Wilmore & Costill, 1988), además de la importante implicación de las articulaciones intervertebrales torácicas y lumbares que, en función del

grado de flexión que adopten, pueden influir en los valores de la distancia alcanzada, dando lugar a falsos negativos (considerar que no existe cortedad isquiosural cuando en realizada sí existe), especialmente en varones (López-Miñarro et al., 2007b; 2008b, c; López-Miñarro & Alacid, 2010). Santonja et al. (1995a) destacan que la influencia de los factores antropométricos puede ser más significativa en sujetos jóvenes en época de crecimiento, pudiendo provocar falsos positivos y negativos por compensación de las extremidades superiores o aumento en la flexión del raquis torácico e hipermovilidad lumbar. Como ventajas destacan su gran sencillez y la posibilidad de aplicación en diferentes contextos: clases de educación física en primaria y secundaria, clubes deportivos, etc., así como la necesidad de un material sencillo y muy asequible.

A pesar de sus inconvenientes, el DD-P ha sido descrito y utilizado ampliamente en diversos estudios nacionales (López-Miñarro et al., 2008b; 2009a; Martínez et al., 2001; Rodríguez & Santonja, 2001; Santonja et al., 1995c) e internacionales (Caldwell & Peters, 2009; Enemark-Miller et al., 2009; López-Miñarro et al., 2008f; 2009b; Mirzaei et al., 2009; Rodríguez-García et al., 2008; Trehearn & Buresh, 2009) debido a su gran sencillez y fácil aplicabilidad.

Los test angulares permiten superar algunas limitaciones de los test lineales. En piragüistas, López-Miñarro et al. (2008c, e) encontraron una extensibilidad reducida mediante el test EPR. En cambio, cuando se evaluaba la extensibilidad isquiosural mediante los test lineales, encontraron un mayor porcentaje de casos normales y, por tanto, menor porcentaje de casos con cortedad (falsos negativos) (López-Miñarro & Alacid, 2010).

En el presente estudio se utilizaron además de la prueba angular (EPR) los test lineales DD-S y DD-P para comprobar la extensibilidad isquiosural de los tenistas. En el test DD-S los datos obtenidos fueron de $-6,12 \pm 8,69$ y en el DD-P fueron $-3,90 \pm 8,12$. Según estos datos y los valores de normalidad (Ferrer, 1998) se obtuvieron 30,8% de casos de normalidad, 48,7% de cortedad grado I y 20,5% de cortedad grado II en el test DD-S y mientras que en el DD-P el 48,7% de los casos estaba dentro de los rangos de normalidad, 17,9% dentro de los de cortedad de grado I y 33,3 de cortedad de grado II.

En un estudio realizado con ciclistas de diferentes edades (Muyor et al., 2011), en el test DD-P, el grupo máster 40/50 presentó el mayor porcentaje de casos dentro de los valores de normalidad con un 85%. Sin embargo, el 15% restante tenían valores correspondientes a cortedad isquiosural de grado II. El grupo sénior/élite presentó un 81,7% de normalidad, un 10% de cortedad grado I y un 8,3% de cortedad grado II. En el grupo control se encontró un 63,2%, 13,2% y 23,5% de casos de normalidad, cortedad grado I y cortedad grado II, respectivamente. En este estudio se encontraron diferencias entre los distintos grupos de ciclistas, de modo que a medida que se aumentaba de categoría, disminuía la distancia alcanzada en ambos test.

Pastor (2000) observó en nadadores de élite de la categoría promesa e infantil, un valor medio en la distancia alcanzada en el DD-P de $1,3\pm 8,1$ cm y $7,5\pm 8,9$ cm, respectivamente. Para el test DD-S, en la categoría infantil, encontró una distancia media de $7,6\pm 7,9$ cm.

Ferrer (1998) en una muestra de 919 niños y adolescentes con edades comprendidas entre los 5 y 18 años, observó que el 58,1%, 31,3% y 10,6%, presentaban una extensibilidad isquiosural en valores de normalidad, cortedad grado I y cortedad grado II, respectivamente.

La masa corporal de los deportistas parece influir en la distancia alcanzada. Se ha encontrado que los luchadores de estilo libre con menor masa corporal (50 kg) alcanzaban mayores distancias en el test DD-P que los más pesados (120 kg) (Mirzaei et al., 2009). En el presente estudio, no se realizó análisis alguno en función de la masa corporal, ya que el somatotipo de los tenistas era muy homogéneo.

5.5.2. Datos de la extensibilidad isquiosural en test angulares.

Para valorar la extensibilidad isquiosural se utilizó el test de elevación de la pierna recta (EPR), ya que las pruebas angulares han sido ampliamente consideradas como criterio de medida de la extensibilidad isquiosural (Ayala et al., 2011; Hartman & Looney, 2003), debido a que tan solo involucran el

movimiento de una articulación (cadera principalmente) y no están influidas por factores antropométricos (por ejemplo, longitud de brazos y piernas), lo cual las hace más precisas (Ferrer, Santonja, Carrión & Martínez, 2008; López-Miñarro, 2010). No obstante, diversos autores indican que el test del ángulo poplíteo es más fiable y válido que el EPR, puesto que al estar la cadera flexionada a 90° y el muslo fijado a un soporte, existe una menor implicación de la pelvis en la evaluación (Davis et al., 2008; Espiga, 1992; Reade et al. 1984). Aun así, otros autores consideran que el test EPR es el más adecuado para la valoración de la extensibilidad isquiosural (Biering-Sorensen, 1984; Ferrer, 1998; Göeken & Hof, 1991; Hyytiäinen et al., 1991; Santonja et al., 1995c).

En este trabajo, se ha utilizado el test EPR, tanto de forma pasiva (PEPR) como de forma activa (AEPR), debido a que éste es frecuentemente utilizado en los estudios que relacionan la práctica deportiva y la extensibilidad isquiosural. Al igual que en otros estudios que han evaluado la extensibilidad isquiosural en deportistas mediante el EPR (García-Ibarra et al., 2007; López-Miñarro et al., 2009b), en el presente estudio la pelvis fue fijada por un segundo explorador durante la flexión pasiva de la cadera.

Los valores obtenidos para estas pruebas fueron de $78,51 \pm 10,40^\circ$ y $79,00 \pm 10,52^\circ$ para la pierna derecha e izquierda respectivamente en el test PEPR y de $65,44 \pm 9,22^\circ$ y $64,77 \pm 9,20^\circ$ para el AEPR. La diferencia de grados en ambos test puede deberse a la falta de fuerza por parte del sujeto para elevar las piernas en el AEPR cuando la musculatura isquiosural ejerce resistencia.

Comparando estos datos con los valores de normalidad expuestos por Ferrer (1998) para el test PEPR se deduce que en lo referente a la pierna derecha 66,6% de los casos estaban dentro de los valores de normalidad y el 28,2% presentaban cortedad grado I, mientras que en la pierna izquierda el 64,1% de los tenistas estaban dentro de los valores de normalidad y el 30,8% presentaban cortedad grado I. En ambas piernas el 5,1% de los tenistas presentaban cortedad grado II.

En deportistas de élite de fútbol sala con una media de edad de 23 años, López-Miñarro et al. (2007b) observaron valores medios de extensibilidad

isquiosural en el test EPR de $79,9\pm 7,0^\circ$ y $80,4\pm 6,8^\circ$ para la pierna derecha e izquierda, respectivamente. Estos valores medios se encuentran unos 5° por encima del límite establecido por Ferrer para diferenciar la normalidad de la cortedad. De los 11 futbolistas evaluados, 8 jugadores presentaron una extensibilidad normal, mientras que 3 de ellos presentaron cortedad de grado I. Los autores del estudio consideran que estos deportistas debían tener una mayor extensibilidad isquiosural, al ser una musculatura implicada de forma importante en su actividad y tratarse de deportistas de alto nivel con un alto grado de profesionalización.

En fútbol 11, Öberg et al. (1984) compararon la extensibilidad isquiosural de los futbolistas en función de su posición en el terreno de juego: porteros, defensas, centro-campistas y delanteros. Los porteros poseían una extensibilidad significativamente superior a los demás jugadores, posiblemente debido a que éstos deben abarcar la mayor área posible de la portería, y por tanto realizan un mayor volumen de ejercicios específicos orientados a la mejora de la flexibilidad y extensibilidad muscular.

En otros deportes donde sus acciones técnicas requieren de una importante extensibilidad isquiosural, dedican una gran parte de sus entrenamientos a la mejora de esta cualidad, ya que si no fuese así, no podrían realizar algunas acciones técnicas propias de sus disciplinas deportivas. Martínez (2004), en gimnastas de rítmica de competición, encontró valores angulares para el EPR derecho e izquierdo de $106,0\pm 19,0^\circ$ y $105,3\pm 16,6^\circ$, respectivamente. Gómez (2007), en bailarinas de ballet clásico y danza española, encontró valores angulares en el test EPR muy superiores a los descritos en la literatura para otros deportistas, con valores para la pierna derecha de $137,0\pm 12,0^\circ$ y $124,0\pm 14,0^\circ$ en los grupos de ballet clásico y danza española, respectivamente.

En nadadores, Sanz (2002) encontró que la práctica habitual de la natación desde un planteamiento competitivo, incidía negativamente en la extensibilidad isquiosural. Sin embargo, en la práctica de la natación con una finalidad saludable o recreativa, no observó modificaciones en la extensibilidad de dicha musculatura. Pastor (2000) encontró un valor medio en el EPR de

70,8±10,4° para la pierna derecha y 70,4±10,6° para la pierna izquierda en nadadores de élite de la categoría promesas. En los nadadores de categoría infantil, la media fue de 70,1±11,1° y 69,0±11,1° para las piernas derecha e izquierda, respectivamente.

Algunos estudios han analizado la extensibilidad isquiosural entre deportistas de diferentes disciplinas deportivas. Recientemente, López-Miñarro et al. (2009a) compararon la extensibilidad isquiosural entre un grupo de 30 piragüistas y 30 corredores, todos ellos con una edad en torno a los 13 años. Para el grupo de piragüistas encontraron un valor medio en el EPR de 75,2±8,7° para la pierna derecha y de 76,0±8,7° para la pierna izquierda. En el grupo de corredores estos valores fueron de 83,8±9,8° y 85,0±10,0° respectivamente ($p < 0,001$ entre disciplinas deportivas). Estos autores justifican las diferencias entre los dos grupos debido a que, posiblemente, los piragüistas realicen un menor volumen de estiramientos específicos que los atletas. Estas diferencias estarían relacionadas con la implicación de los miembros inferiores en la consecución de un mayor rendimiento. Resultados similares fueron observados por Ferrer (1998) en una muestra de 813 deportistas varones con una edad media de 12,9±2,9 años. Estos deportistas presentaron un valor angular medio para el EPR derecho e izquierdo de 76,9±13,0° y 75,9±12,9°, respectivamente.

Comparando los valores angulares medios del test EPR del presente estudio con otros deportes, únicamente las gimnastas (Martínez, 2004) y las bailarinas (Gómez, 2007), con una notable diferencia, y los corredores (López-Miñarro et al., 2009a) obtuvieron una mejor extensibilidad que los tenistas analizados. Esto puede ser debido como se ha expuesto anteriormente a la necesidad de una buena extensibilidad isquiosural para realizar gestos técnicos propios del deporte, como es el caso de las gimnastas y las bailarinas, o de una mayor concienciación sobre los beneficios de los estiramientos, como ocurre en el caso del atletismo. Y en relación a otros deportes como fútbol-sala (López-Miñarro et al., 2007b), natación (Sanz, 2002) y piragüismo (López-Miñarro et al., 2008c) presentan una extensibilidad similar o inferior, pudiendo ser debido a que la flexibilidad no es una de las principales capacidades físicas

y, por tanto, no le dedican el suficiente volumen de entrenamiento para su mejora tal y como expone Nyland et al. (2004).

En su estudio, Pastor (2000) encontró en nadadores un 50% de casos con una extensibilidad isquiosural normal, un 30% con cortedad grado I y un 20% con cortedad grado II. Esta distribución evidencia que no existe un trabajo específico de estiramientos para este grupo muscular en el entrenamiento de la natación.

De los 11 futbolistas evaluados por López-Miñarro et al. (2007b), ocho jugadores presentaron una extensibilidad normal, mientras que tres de ellos presentaron cortedad de grado I.

En el presente estudio se presentaron un 65% de casos de normalidad, un 30% de cortedad grado I y un 5% de cortedad de grado II. Aunque si es cierto que se presentan más casos de normalidad que en el caso de los nadadores, hay un elevado número de grados de cortedad. Lo que evidencia la falta de trabajo de la flexibilidad en el tenis.

Como se expuso anteriormente, la disminución de la extensibilidad isquiosural se ha relacionado con un mayor riesgo de lesiones musculares (Jonhagen et al., 1994; Krivickas & Feinberg, 1996; Witvrouw et al., 2003; Worrell et al., 1994), especialmente en el raquis lumbar (Biering-Sorensen, 1984; Mellin, 1986; Reis et al., 1996; Wherenberg & Costello, 1993), así como lesiones articulares, concretamente en la rodilla (Messier et al., 2008). En esta línea, en un estudio con tenistas entre 8 y 12 años, Hjelm, Werner y Renstrom (2010) encontraron que la mayoría de las lesiones más comunes eran las lumbalgias y lesiones en el tobillo, en los chicos, mientras que el dolor lumbar y las lesiones en las rodillas eran las más comunes en las chicas.

5.6. ANÁLISIS SOBRE LA INFLUENCIA DE UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO SOBRE LAS CURVATURAS DEL RAQUIS EN EL PLANO SAGITAL.

Uno de los objetivos del presente estudio era comprobar si una sesión específica de tenis influía sobre las curvaturas del raquis en el plano sagital debido a la carga de entrenamiento físico según lo sugerido por Fowler, Rodacki y Rodacki (2006), ya que numerosos estudios han demostrado las adaptaciones morfológicas y funcionales derivadas de un entrenamiento sistemático y continuado. Además Brereton y McGill (1999) encontraron que los ejercicios realizados en condiciones de fatiga, favorecían un aumento de la flexión del tronco debido a un déficit de control motor, por lo que la fatiga acumulada durante el entrenamiento produce una disminución del control postural y, por lo tanto, desalineaciones de las curvaturas sagitales del raquis, lo que conlleva a un aumento del riesgo de repercusiones raquídeas en las estructuras discales, óseas y ligamentosas, al aumentar las cargas compresivas, de cizalla anterior y la presión intradiscal (Briggs et al, 2007, Callaghan & McGill, 2001; McGill, 2002; Polga et al., 2004; Sato et al., 1999; Solomonow, 2003; Wilke et al., 1999).

En un estudio reciente en tenistas en el que analizaban la curvatura torácica antes y después de dos sesiones específicas de tenis, no encontraron diferencias significativas entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento en la postura de bipedestación (Gallotta et al., 2015).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en lo referente a posiciones de bipedestación relajada y sedentación relajada no se encontraron diferencias significativas ni en la columna torácica ($38,74 \pm 7,45^\circ$ y $38,44 \pm 10,28^\circ$), ni en la lumbar ($-23,82 \pm 6,39^\circ$ y $-24,33 \pm 6,73^\circ$), ni en la inclinación pélvica ($13,56 \pm 5,05^\circ$ y $13,03 \pm 4,73^\circ$) entre la medición realizada antes del entrenamiento y después del mismo.

En el caso de la autocorrección en bipedestación se encontraron diferencias significativas tanto en la curvatura torácica ($25,00 \pm 10,51^\circ$ y $27,61 \pm 10,53^\circ$) como en la inclinación pélvica ($6,56 \pm 6,09^\circ$ y $4,54 \pm 5,05^\circ$). En el caso de la curva torácica, no se consigue realizar una rectificación de la

curvatura igual que en el pre-test, lo que puede ser debido a que la fatiga muscular de los músculos erectores de la espalda no puedan contrarrestar la fuerza ejercida entre el peso corporal y la acción de la gravedad. Por el contrario, en caso de la inclinación pélvica si se consigue una retroversión pélvica mayor en el post-test debido posiblemente a que la fatiga de los músculos antagonistas a la retroversión pélvica opongan menor resistencia a este movimiento.

Siguiendo en esta línea, al comparar las posiciones en sedentación; en la sedentación relajada, no se observan diferencias significativas entre los valores obtenidos antes de entrenar y después de hacerlo; sin embargo, al realizar la máxima flexión de tronco en sedentación, se observaron diferencias significativas a nivel de la columna torácica ($65,08 \pm 12,01^\circ$ y $69,46 \pm 9,41^\circ$) y la inclinación pélvica ($44,08 \pm 5,86^\circ$ y $42,62 \pm 6,61^\circ$), alcanzándose valores angulares más altos en la columna torácica y una inclinación pélvica menor en la medición realizada después de haber entrenado. La razón de estas diferencias a nivel torácico puede ser la fatiga musculo-ligamentosa que hay después del entrenamiento, haciendo que al realizar la máxima flexión del tronco haya una pérdida del control postural inhibiéndose los estímulos en los tendones y ligamentos de un sobre-estiramiento en las articulaciones intervertebrales. En el caso de la inclinación pélvica, al ser una flexión máxima de tronco voluntaria la fatiga muscular de los músculos agonistas no consiguen realizar una inclinación igual a la realizada en el pre-test donde no existía esa fatiga y los niveles de fuerza eran mayores.

Algo similar ocurre en las posiciones de decúbito prono y máxima extensión de tronco en bipedestación, en las que la fatiga producida después del entrenamiento en la musculatura abdominal no consigue mantener en los mismos niveles angulares la zona lumbar ($-29,69 \pm 5,81^\circ$ y $-31,69 \pm 6,20^\circ$), ya que en el caso de decúbito prono la acción de la gravedad que actúa en esta zona hace que aumenten los valores hallados en la zona lumbar. Y en el caso de la máxima extensión en bipedestación, debido a la fatiga, al hacer la hiperextensión la musculatura abdominal no consigue contrarrestar la acción de la

gravedad que actúa sobre la parte superior del tronco aumentando los valores angulares de la zona lumbar ($-43,18 \pm 10,51^\circ$ y $-38,95 \pm 14,16^\circ$).

5.7. ANÁLISIS SOBRE LA INFLUENCIA DE UNA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO SOBRE LA EXTENSIBILIDAD DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL.

Otro de los objetivos del presente estudio era comprobar la influencia de una sesión específica de tenis sobre la extensibilidad isquiosural de los tenistas. Para ello se realizaron dos pruebas angulares y dos pruebas lineales. En lo referente a las pruebas lineales, tanto en el DD-S como en el DD-P se obtuvieron valores más bajos en el post-test que en el pre-test en lo que respecta a valores absolutos, observándose diferencias significativas en ambos test, ya que en el DD-S los valores fueron $-6,12 \pm 8,69$ cm en el pre-test y $-4,51 \pm 8,10$ cm en el post-test y en el DD-P los valores fueron $-3,90 \pm 8,12$ cm y $-3,00 \pm 8,18$ cm respectivamente. Esto puede ser debido, como se viene argumentando, a que la fatiga acumulada produce un descenso de la fuerza ejercida por la musculatura agonista en ambos test y que, por lo tanto, no pueda vencer la resistencia ejercida por la musculatura isquiosural.

Sin embargo, al analizar estos valores con los valores de normalidad se observa que en la prueba de dedos suelo después del entrenamiento disminuyen los porcentajes de cortedad de grado I y II y aumentan los casos de normalidad en el test dedos suelo. Por otro lado, en la prueba de dedos planta disminuyen los casos de normalidad y cortedad de grado II y aumentan los casos de cortedad de grado I.

En lo referente a los valores angulares de las curvas del raquis, en el DD-P, no se observaron diferencias significativas ni en la curva torácica ($70,33 \pm 11,32^\circ$ y $72,77 \pm 11,50^\circ$) ni en la lumbar ($34,77 \pm 7,11^\circ$ y $34,18 \pm 8,09^\circ$) ni en la inclinación pélvica ($-19,58 \pm 10,36^\circ$ y $-19,21 \pm 11,22^\circ$) antes y después de entrenar. En el caso del DD-S, tampoco se hallaron diferencias significativas en los valores angulares del raquis ($56,72 \pm 10,71^\circ$ y $57,92 \pm 11,06^\circ$ en la curva torácica y $39,69 \pm 6,23^\circ$ y $40,00 \pm 7,70^\circ$ en la zona lumbar) y la inclinación pélvica ($61,15 \pm 13,17^\circ$ y $62,05 \pm 11,84^\circ$), por lo que el agotamiento muscular de la musculatura agonista a la hora de realizar los test puede provocar una falta de elasticidad, lo que explicaría los peores valores obtenidos en el post-test.

En cuanto a los test angulares, se realizó el test de elevación de pierna recta tanto de forma activa como de forma pasiva antes y después del entrenamiento. En el test EPR activo los valores obtenidos en el pre-test y post-test fueron $65,44 \pm 9,22^\circ$ y $67,36 \pm 9,19^\circ$ en la pierna derecha respectivamente y $64,77 \pm 9,20^\circ$ y $66,36 \pm 9,16^\circ$ en la pierna izquierda, habiendo diferencias significativas en ambos casos entre el pre-test y el post-test. En el test EPR de forma pasiva, los valores hallados fueron $78,51 \pm 10,40^\circ$ en la pierna derecha y $79,00 \pm 10,52^\circ$ en la pierna izquierda en el pre-test y $80,77 \pm 11,47^\circ$ y $81,26 \pm 10,50^\circ$ respectivamente en el post-test.

Comparando estos valores con de normalidad expuestos por Ferrer (1998) en la medición posterior al entrenamiento en comparación con la medición realizada antes de entrenar, en la pierna izquierda, aumentan los casos de normalidad y disminuyen los casos de cortedad de grado I y II, mientras que en la pierna derecha, aumentan los casos de normalidad, se mantienen los casos de cortedad de grado I y disminuyen los casos de cortedad de grado II.

Limitaciones del estudio

A continuación se describen algunas limitaciones del presente trabajo:

La valoración del morfotipo raquídeo de los tenistas se realizó en unas situaciones controladas y estáticas. Sin embargo, en el tenis no se dan posiciones estáticas, sino que hay una infinidad de posibilidades de la disposición del raquis dependiendo de muchas variables como la altura de la pelota a la hora del golpeo, distancia de la pelota del cuerpo en el momento del impacto, etc. y que requieren de otro tipo de materiales para realizar las mediciones.

Otra de las limitaciones del estudio fue que no se diferenció la muestra por rangos de edades ni años de práctica, teniendo en cuenta que la práctica sistemática influye en la morfología del raquis, y cuanto más tiempo de entrenamiento, mayor influencia puede existir sobre la disposición sagital del raquis.

Hubiese sido interesante utilizar un grupo control de sujetos de las mismas edades que no practicasen deporte alguno para comparar los morfotipos raquídeos, inclinación pélvica y extensibilidad isquiosural de ambos grupos.

Perspectivas de investigación

Sería interesante la evaluación del morfotipo raquídeo en situaciones dinámicas. Así se obtendría una visión más amplia de cómo se comporta el raquis en diferentes situaciones que se producen en el tenis durante su práctica. No obstante, para ello es preciso utilizar sistemas de captura de movimiento, que son más caros y complejos que las herramientas utilizadas en el presente estudio.

Como complemento a este estudio, se podría aplicar el mismo protocolo de mediciones antes y después de un partido, ya que existen variables propias de la competición que no ocurren en los entrenamientos y que pueden influir en el comportamiento del raquis, tales como el estrés, la motivación, mayor exigencia e intensidad, etc.

Del mismo modo, son necesarios estudios longitudinales para comprobar la evolución de la disposición sagital del raquis en función de la experiencia y volumen de práctica. El efecto de una práctica físico-deportiva sistematizada no es igual en personas en proceso de crecimiento, que en personas de mayor edad en la que este proceso ha finalizado.

Por último, debido a la similitud del tenis con los gestos técnicos del pádel, sería interesante replicar estos estudios con jugadores de este deporte. Las diferencias entre ambos deportes en la posición del jugador y el tipo de golpes, podrían generar adaptaciones diferentes en la disposición sagital del raquis y extensibilidad isquiosural.

Conclusiones

Las conclusiones que se extraen de este trabajo son:

- 1) En la posición de bipedestación, la gran mayoría de los tenistas presentan unos valores angulares dentro de la normalidad tanto en la curva torácica como en la curva lumbar y solo unos pocos presentan valores de hipercifosis torácica y rectificación lumbar. Este hecho podría estar relacionado con el trabajo de la musculatura de la espalda para el armado del brazo en todos los golpes y los movimientos de extensión que se producen en el saque y el remate, además de una posición de tronco erguido como posición fundamental del tenis.

En el caso de la sedentación relajada, casi la mitad de los tenistas presentan valores de normalidad tanto en la curva torácica como en la lumbar, siendo más frecuente encontrar valores de hipercifosis torácica leve e inversiones moderadas en la zona lumbar. En la flexión máxima del tronco, los tenistas evidencian una gran movilidad de la zona lumbar en el plano sagital, lo que podría estar relacionado con los frecuentes movimientos de flexo-extensión de un rango moderado de movimiento que caracteriza el juego del tenis.

Existe un alto porcentaje de tenistas que presentan morfotipos cifóticos en las posturas de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, tanto en la curva torácica, como especialmente en la curva lumbar. Estos valores evidencian la frecuencia de casos con cifosis funcional, ya que en bipedestación, la mayoría de los tenistas presentan curvas normales.

- 2) Un entrenamiento tipo de tenis compuesto por actividades de preparación física y técnica genera ligeros cambios en la disposición sagital del raquis y en la extensibilidad isquiosural. La fatiga asociada al entrenamiento podría ser la causa de la disminución de los casos de normalidad y el aumento de las posturas hipercifóticas en el raquis torácico. En cuanto al raquis lumbar, el entrenamiento también se asocia a cambios en su disposición sagital, de forma que tras el entrenamiento hay menos tenistas que presentan ángulos normales,

tendiendo a una disminución de los mismos que deriva en un mayor porcentaje de casos con rectificación lumbar. Estas modificaciones no están asociadas a cambios significativos en la inclinación pélvica, lo que supone que dichas modificaciones son específicas a las zonas de la columna que más involucradas están en la práctica del tenis. Las modificaciones en los valores angulares después del entrenamiento en la postura de autocorrección evidencian un menor control postural, que reduce la capacidad del tenista de modular su disposición sagital del raquis, probablemente debido a la fatiga muscular.

El entrenamiento no parece tener una influencia significativa cuando se adoptan posturas de sedentación. Sin embargo, el entrenamiento sí provoca cambios en la postura torácica y pélvica al adoptar posturas de máxima flexión del tronco, limitando el movimiento de flexión pélvica que se asocia a un aumento de la cifosis torácica.

En cuanto al efecto del entrenamiento en la extensibilidad de la musculatura isquiosural, se produce una mejora de la misma en todos los test utilizados para su valoración, a pesar de que el entrenamiento no incluyera una actividad específica de estiramiento de la musculatura en cuestión. La actividad del tenis, con una importante implicación de los miembros inferiores por los continuos desplazamientos por la pista en diferentes direcciones, genera aumentos significativos de la extensibilidad isquiosural.

- 3) Dos tercios de los tenistas presentan valores considerados normales en la extensibilidad isquiosural, a pesar de que la mayoría no realizan un volumen muy significativo de estiramientos específicos a esta musculatura. De este modo, en función de los datos obtenidos con el test de elevación de la pierna recta pasivo, el 65% de los tenistas posee una extensibilidad isquiosural normal, mientras que casi un 20% presentan cortedad de grado I y un 5% cortedad grado II. Al valorar la extensibilidad con test lineales, se producen un destacado aumento de los casos de cortedad isquiosural, especialmente de grado II, que

evidencia una alteración del ritmo lumbo-pélvico, si se tienen en cuenta los datos aportados por el test de elevación de la pierna recta. Por este motivo, test lineales como el dedos-suelo y dedos-planta no son adecuados para valorar la extensibilidad isquiosural en tenistas adolescentes.

Bibliografía

- Ackland, T. R., Ong, K. B., Kerr, D. A. & Ridge, B. (2003). Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(3), 285-294.
- Ackland, T., Kerr, D., Hume, P., Norton, K., Ridge, B., Clarke, S., Broad, E. & Ross, W. (2001). Anthropometric normative data for Olympic rowers and paddlers. *Proceeding of the Annual Conference of Sport Medicine Australia, October, 23-27*.
- Adams, M. A., Mannon, A. F. & Dolan, P. (1999). Personal risk factors for first-time low back pain. *Spine* 24, 2497-2505.
- Aitken, D. A. & Jenkins, D. G. (1998). Anthropometric-based selection and sprint kayak training in children. *Journal of Sports Sciences*, 16(6), 539-543.
- Alricsson M. & Werner S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain- A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*; 7,181-184.
- Álvarez del Palacio, E. (2000). La actividad físico-lúdica en la obra de Fray Bernardino. En *Congreso Internacional Fray Bernardino de Sahagún y su tiempo*, 601-616. León. España.
- Álvarez, V., Segovia, J. C., López, F. J. & Legido, J. C. (2001). Perfil antropométrico y fisiológico del piragüista de élite. *Selección*, 10(4), 203-210.
- Alviso, D., Dong, G. & Lentell, G. (1988). Intertester reliability for measuring pelvic tilt in standing. *Physical Therapy*, 68(9), 1347-1351.
- Ambegaonkar, J. P., Caswell, A. M., Kenworthy, K. L., Cortes, N. & Caswell, S. V. (2014). Lumbar Lordosis in Female Collegiate Dancers and Gymnasts. *Medical Problems of Performing Artists*, 29(4), 189-192.
- Andújar P. (1992). Indicaciones sobre la prevención y Tratamiento de las alteraciones del Desarrollo del aparato locomotor. En: Santonja F, Martínez I. *Valoración Médico-Deportiva del Escolar*. Murcia: Universidad de Murcia, 1992; 303-314.

- Andújar, P., Alonso, C. & Santonja, F. (1996). Tratamiento de la cortedad de isquiosurales. *Ortopedia y deporte*, 5(1), 37-48.
- Andújar, P., Pérez, F., Arenas, L., Castresana, E. & Campayo, S. (1992). Resultados de la aplicación de un protocolo específico de rehabilitación en el síndrome de retracción de los isquiosurales en niños y adolescentes. *I Jornadas de actualización del Centro de Medicina del Deporte "Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural"*. Murcia, 9 de Mayo.
- Añó, V. (1995). *Aspectos psicosociales en la oferta de instalaciones deportivas*. Tesis doctoral. Valencia: Universidad de Valencia.
- Antó, J. M. & Martí, J. (1977). Algunas posibilidades de actuación sanitaria en la escuela. *Cuadernos de Pedagogía*, 31-32, 69-79.
- Aramendi, J., Terrados, N., Poza, J., Crespo, R. & Usabiaga, J. (1998). La columna vertebral lumbar en las diferentes posiciones del ciclismo profesional en ruta. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(66), 343-347.
- Arregui, J. A. & Martínez de Haro, V. (2001). Estado actual de las investigaciones sobre la flexibilidad en la adolescencia. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1(2), 127-135.
- Ashton-Miller, J. A. (2004). Thoracic hyperkyphosis in the young athlete: a review of the biomechanical issues. *Current Sports Medicine Report*, 3, 47-52.
- Bahr, R., Andersen, S. O., Loken, S., Fossan, B., Hansen, T. & Holme, I. (2004). Low back pain among endurance athletes with and without specific back loading-a cross-sectional survey of cross-country skiers, rowers, orienteerers, and nonathletic controls. *The Spine Journal*, 29(4), 449-454.
- Barrey, C., Jund, J., Nosedá, O. & Roussouly, P. (2007). Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *European Spine Journal*, 16(9), 1459-1467.

- Beach, T. A., Parkinson, R. J., Stothart, P. & Callaghan, J. P. (2005). Effects of prolonged sitting on the passive flexion stiffness of the in vivo lumbar spine. *The Spine Journal* 5(2), 145–154.
- Becque, M. D., Katch, V. L. & Moffatt, R. J. (1986). Time course of skin-plus-fat compression in males and females. *Human Biology*, 58(1), 33-42.
- Bergmark, A. (1989). Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 230, 1-54.
- Berthonnaud, É., Dimnet, J., Roussouly, P. & Labelle, H. (2005). Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *Journal of Spinal Disorders and Technology*, 18(1), 40-47.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicator for low-back trouble over one year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Blasco, T., Capdevilla, LI, Pintanel, M., Valiente, L. & Cruz, J. (1996). Evolución de los patrones de actividad física en estudiantes universitarios. *Revista de Psicología del Deporte*, 9-10, 51-63.
- Boldori, L., Da Soldá, M. & Marelli, A. (1999). Anomalies of the trunk. An analysis of their prevalence in young athletes. *Minerva Pediatrica*, 51(7-8): 259-264.
- Bono, C. M. (2004). Low-back pain in athletes. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 86-A(2), 382-396.
- Brereton, L. C. & McGill, S. M. (1999). Effects of physical fatigue and cognitive challenges on the potential for low back injury. *Human Movement Science*, 18, 839-857.
- Bressel, E. & Larson, B. J. (2003). Bicycle seat designs and their effect on pelvic angle, trunk angle, and comfort. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 327-332.
- Briggs, A. M., Van Dieën, J. H., Wrigley, T. V., Greig, A. M., Phillips, B., Lo, S. K. & Bennell, K. L. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87(5), 595-607.

- Briggs, A., Van Dieën, J., Wrigley, T., Greig, A., Phillips, B., Lo, S. & Bennell, K. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy, 87*, 595-607.
- Cabry, J. & Shiple, B. J. (2000). Increasing hamstring flexibility decreases hamstring injuries in high school athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine, 10*, 311-312.
- Cailliet, R. (1990). *Dorso*. México: Manual Moderno.
- Caldwell, B. & Peters, D. (2009). Seasonal variation in physiological fitness of a semiprofessional soccer team. *Journal of Strength and Conditioning Research, 23*(5), 1370-1377.
- Callaghan, J. P. & Dunk, N. M. (2002). Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting. *Clinical Biomechanics, 17*, 353-360.
- Callaghan, J. P. & McGill, S. M. (1995). Muscle activity and low back loads under external shear and compressive loading. *Spine, 20*(9), 992-998.
- Callaghan, J. P. & McGill, S. M. (2001). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics, 44*(3), 280-294.
- Cantera-Garde, M. A. & Devís, J. (2002). La promoción de la actividad física relacionada con la salud en el ámbito escolar. Implicaciones y propuestas a partir de un estudio realizado entre adolescentes. *Apunts: Educación Física y Deportes, 67*, 54-62.
- Carlucci, L., Chiu, J. & Cilifford, T. (2001). Spinal Mouse® for assessment of spinal mobility. *Journal Minimal Invasive Spinal Technology, 1*(1), 30-31.
- Casimiro, A. J. & Añó, V. (2003) *Imagen social de los juegos mediterráneos y hábitos deportivos de la sociedad Almeriense*. Almería: Universidad de Almería.
- Casimiro, A. J. (1999). *Comparación, evolución y relación de hábitos saludables y nivel de condición física-salud en escolares, entre final de educación primaria (12 años) y final de educación secundaria obligatoria (16 años)*. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada.

- Caspersen, C. J., Powell, K. E. & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2): 126-131.
- Castañer, M. & Camerino, O. (1993). *La educación física en la educación primaria*. Barcelona: Inde.
- Castillo, I. & Balaguer, I. (2001). Dimensiones de los motivos de práctica deportiva de los adolescentes valencianos escolarizados. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 63, 22-29.
- Cecchini, J. A & Muñiz, J. (2003). Tendencias o direcciones del deporte contemporáneo en función de los motivos de práctica. *Apunts Educación Física y Deportes*, 72, 6-13.
- Champagne, A., Descarreaux, M. & Lafond, D. (2008). Back and hip extensor muscles fatigue in healthy subjects: task-dependency effect of two variants of the Sorensen test. *European Spine Journal*, 17(12), 1721-1726.
- Chandler, T. J., Kibler, W. B., Uhl, T. L., Wooten, B., Kiser, A. & Stone, E. (1990). Flexibility comparisons of junior elite tennis players to other athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(2), 134-136.
- Claus, A. P., Hides, J. A., Moseley, G. L. & Hodges, P. W. (2009). Different ways to balance the spine. Subtle changes in sagittal spinal curves affect regional muscle activity. *Spine*, 34(6), E208-E214.
- Contreras, M. J., Miranda, J. L., Ordóñez, M. F., Miranda, M. & Diez, F. (1981). Semiología del dorso curvo juvenil. En: *Jornada Monográfica vertebral*. Madrid: Servicio de Rehabilitación. Hospital de La Paz.
- Corcuera, E. & Villate, R. (1992). *Actitudes ante el deporte en Vitoria Gazteiz. Estudio cuantitativo*. Vitoria-Gazteiz: Neurriak.
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M. & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *The American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199-203.

- Cuadrado, A., Carnero, A., Dolfi, F., Jiménez, B. & Lacal, J. C. (1993). Phosphorylcholine: a novel second messenger essential for mitogenic activity of growth factors. *Oncogene*, 8(11), 2959-2968.
- Davis Hammonds, A. L., Laudner, K. G., McCaw, S. & McLoda, T. A. (2012). Acute lower extremity running kinematics after a hamstring stretch. *Journal of Athletic Training*, 47(1), 5-14.
- Day, J. W, Smidt, G. L. & Lehmann, T. (1984). Effect of pelvic tilt on standing posture. *Physical Therapy*, 64, 510-516.
- Diccionario de las Ciencias del Deporte (1992). *Diccionario de las Ciencias del Deporte*. Unisport. Junta de Andalucía.
- Dillon, C., Paulose-Ram, R., Hirsch, R. & Gu, Q. (2004). Skeletal muscle relaxant use in the United States: data from the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *Spine*, 29(8), 892-896.
- Doers, T. & Kang, J. (1999). The biomechanics and biochemistry of disc degeneration. *Current Opinion in Orthopaedics*, 10(2), 117-121.
- Dolan, P. & Adams, P. (2001). Recent advances in lumbar spinal mechanics and their significance for modelling. *Clinical Biomechanics*, 16(Suppl1), S8-S16.
- Duncan, M. J., Woodfield, L. & Al-Nakeeb, Y. (2006). Anthropometric and physiological characteristics of junior elite volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*; 40(7), 649-651.
- Dunk, N., Kedgley, A., Jenkyn, T. & Callaghan, J. (2009). Evidence of a pelvis-driven flexion pattern: Are the joints of the lower lumbar spine fully flexed in seated postures? *Clinical Biomechanics*, 24, 164-168.
- Durán, J. (1995). Análisis evolutivo del deporte en la sociedad española (1975-1990): hacia una creciente complejidad y heterogeneidad deportiva. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 2(1), 15-24.

- Ebenbichler, G. R., Oddsson, LI., Kollmitzer, J. & Erim, Z. (2001). Sensory-motor control of the lower back: implications for rehabilitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1889-1898.
- Enemark-Miller, E., Seegmiller, J. & Rana, S. (2009). Physiological profile of women's lacrosse players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 39-43.
- Eppensteiner, F. (1973): El origen del deporte. *Citius, Altius, Fortius*, 15, 259-272.
- Esola, M. A., McClure, P. W., Fitzgerald, G. K & Siegler, S. (1996). Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*, 21(1), 71-78.
- Espiga, J. (1992). *Brevedad constitucional de la musculatura isquiosural. Estudio de prevalencia*. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Fanucci, E., Masala, S., Fasoli, F., Cammarata, R., Squillaci, E. & Simonetti, G. (2002). Cineradiographic study of spine during cycling: effects of changing the pedal unit position on the dorso-lumbar spine angle. *Radiología Médica*, 104(5-6), 472-476.
- Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Ferrer, V., Santonja, F., Carrión, M. & Martínez, L. (1994). Comparación de dos tests (E.P.R. y poplíteo) para el diagnóstico del síndrome de isquiosurales cortos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 11(43), 247-254.
- Föster, R., Penka, T. & Schörffl, V. R. (2009). Climber's back – form and mobility of the thoracolumbar spine leading to postural adaptations in male high ability rock climbers. *International Journal of Sport Medicine*, 30(1), 53-59.
- Fowler, N. E., Rodacki, A. L. & Rodacki, C. D. (2006). Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. *Gait and Posture*, 23(2), 133–141.

- Fry, R. W. & Morton, A. R. (1991). Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(11), 1297-1301.
- Grabara, M. (2015). Comparison of posture among adolescent male volleyball players and non-athletes. *Biology of Sport*, 32, 79-75.
- Gajdosik, R. L., Albert, C. R. & Mitman, J. J. (1994). Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(4), 213-219.
- Gallotta, M. C., Bonavolontà, V., Emerenziani, G. P., Franciosi, E., Tito, A., Guidetti, L. & Baldari, C. (2015). Acute effects of two different tennis sessions on dorsal and lumbar spine of adult players. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1173-1181.
- García Blanco, S. (2006). Juego y Deporte: Aproximación Conceptual. *Apuntes Educación Física y Deportes*, 83, 82-89.
- García Ferrando, M. & Llopis, R. (2010). *Encuesta sobre Hábitos Deportivos en España 2010*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas
- García Ferrando, M. (1990). *Aspectos sociales del deporte. Una reflexión sociológica*. Madrid: Alianza.
- García Ferrando, M. (1991). *Los españoles y el deporte*. Madrid: Ministerio de Cultura.
- García Ferrando, M. (1993). *Tiempo libre y Actividades Deportivas de la juventud en España*. Madrid: Ministerio de Asuntos Sociales.
- García Ferrando, M. (1997). *Los españoles y el deporte (1980-1995): un análisis sociológico sobre comportamientos, actitudes y valores*. Madrid y Valencia: CSD y Tirant lo Blanch.
- García Ferrando, M. (2001a). *Los españoles y el deporte, prácticas y comportamientos en la última década del siglo XX. Encuesta sobre los hábitos deportivos de los españoles, 2000*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Consejo Superior de Deportes.

- García Ferrando, M. (2001b). Las prácticas deportivas de la población española en el cambio de siglo. *Actas del II Congreso de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* (pp. 95-97). Valencia: Universitat de Valencia.
- García Ferrando, M. (2010). *Hábitos deportivos en España, IV*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- García Montes, M. E. (1997). *Actitudes y comportamientos de la mujer granadina ante la práctica física de tiempo libre*. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- García-Ibarra, A., López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C. & Yuste, J. L. (2007). Comparación de la extensibilidad isquiosural y la flexión del raquis lumbar entre canoístas y kayakistas de categoría infantil. En *III Congreso Internacional de Ciencias del Deporte*, 29-31 Marzo. Pontevedra. España.
- Gaspar de Matos, M. & Sardinha, L. (1999). Estilos de vida activos e qualidade de vida. En L. Sardina, M. Gaspar de Matos y I. Loureiro (Eds.), *Promocao da saúde. Modelos e práticas de intervencao nos âmbitos da actividade física, nutricao e tabagismo* (pp. 162-181). Lisboa: Facultad de Motricidad Humana.
- Gili-Planas, M. & Ferrer-Pérez, V. (1994). Práctica deportiva y estereotipos de género: un estudio en la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares (CAIB). *Revista de Psicología del Deporte*, 5, 81-88.
- Göeken, L. & Hof, A. (1991). Instrumental straight-leg-raising: a new approach to Lasègue's test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72(12), 959-966.
- Gómez, S. (2007). *Estudio sagital del raquis en bailarinas de danza clásica y danza española*. Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia.
- Gómez-Lozano, S. Vargas-Macías, A., Santonja, F. & Canteras, M. (2014). Estudio descriptivo de la movilidad sagital raquídea global y segmentaria en bailarinas de flamenco. *Revista del Centro de Investigación Flamenco Telethusa*, 7(8), 5-13.

- Green, J. P., Grenier, S. G. & McGill, S. M. (2002). Low back stiffness is altered with warm-up and bench rest: implications for athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1076-1081.
- Grosser, M., Hermann, H. Tusker, F. & Zintl, F. (1991). *El movimiento deportivo: Bases anatómicas y biomecánicas*. Barcelona: Martínez Roca.
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kessomtini, W., Ben Hammouda, I. & Elleuch, M. H. (2006). Validity and reliability of Spinal Mouse® to assess lumbar flexion. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 49(4), 172-177
- Gutiérrez, M. (2000). Actividad física, estilos de vida y calidad de vida. *Revista de Educación Física*, 77, 5-14.
- Halbertsma, J. P., Göeken, L. N., Hof, A. L., Groothoff, J. W. & Eisma, W. H. (2001). Extensibility and stiffness of the hamstrings in patients with nonspecific low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(2), 232-238.
- Halbertsma, J. P., Van Bolhuis, A. L. & Göeken, L. N. (1996). Sport stretching: effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(7), 688-692.
- Hamill, J. & Knutzen, K. (1995). Biomechanical basis of human movement. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Hangai, M., Kaneoka, K., Hinotsu, S., Shimizu, K., Okubo, Y., Miyakawa, S., Mukai, N., Sakane, M. & Ochai, N. (2009). Lumbar intervertebral disk degeneration in athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 37(1), 149-155.
- Hart, J. M., Kerrigan, D. C., Fritz, J. M. & Ingersoll, C. D. (2009). Jogging kinematics after lumbar paraspinal muscle fatigue. *Journal of Athletic Training*, 44(5), 475-81.
- Hartig, D. & Henderson, J. (1999). Increasing hamstring flexibility decreases lower extremity overuse injuries in military basic trainees. *American Journal of Sports Medicine*, 27(2), 173-176.

- Hellín, P. (2003). *Hábitos físico-deportivos en la Región de Murcia: implicaciones para la elaboración del vitae en el ciclo formativo de Actividades Físico-Deportivas*. Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia.
- Hellström, M., Jacobsson, B., Swärd, L. & Peterson, L. (1990). Radiologic abnormalities of the thoracolumbar spine in athletes. *Acta Radiologica*, 31, 127-132.
- Henderson, G., Barnes, C. & Portas, M. (2010). Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 397-402.
- Holt, P. J., Bull, A. M., Cashaman, P. M. & Mc Gregor, A. H. (2003). Kinematics of spinal motion during prolonged rowing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(8), 597-602.
- Hopkins, D. & Hoeger, W. (1992). A comparison of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in the measurement of the flexibility for males. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6, 7-10.
- Howell, D. W. (1984). Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *American Journal of Sports Medicine*, 12(4), 278-281.
- Hyytiäinen, K., Salminen, J., Suvitie, T., Wickström, G. & Pentty, J. (1991). Reproducibility of nine test to measure spinal mobility and trunk muscle strength. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 23(1), 3-10.
- Jackson, J., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V. & Harris, M. (2001). Multifidus EMG and tension-relaxation recovery after prolonged static lumbar flexion. *Spine*, 26(7), 715-723.
- Jones, M. A., Stratton, G., Reilly, T. & Unnithan, V. B. (2005). Biological risk indicators for recurrent non-specific low back pain in adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 137-140.

- Jozwiak, M., Pietrzak, S. & Tobjasz, F. (1997). The epidemiology and clinical manifestations of hamstring muscle and plantar foot flexor shortening. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 39(7), 481-483.
- Kaiser, A., Sololowski, M. & Morzkowiak, M. (2014). Effects of a 90-minute wrestling training on the selected features of the shape of spine and pelvis under load. *Archives of Budo*, 10, 57-65.
- Kanga, M., Jung, D., An, D., Yoo, W. & Oh, J. (2013). Acute effects of hamstring-stretching exercises on the kinematics of the lumbar spine and hip during stoop lifting. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 26, 329-336.
- Keller, T. S., Colloca, C. J., Moore, R. J., Gunzburg, R., Harrison, D. E. & Harrison, D. D. (2006). Three-dimensional vertebral motions produced by mechanical force spinal manipulation. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 29(6), 425-436.
- Kellis, E., Adamou, G., Tziliou, G. & Emmanouilidou, M. (2008). Reliability of spinal range of motion in healthy boys using a skin-surface device. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 31(8), 570-576.
- Kibler, W. & Chandler, T. (2003). Range of motion in junior tennis players participating in an injury risk modification program. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(1), 51-62.
- Kiefer, A., Shirazi-Adl, A. & Parnianpour, M. (1998). Synergy of the human spine in neutral postures. *European Spine Journal*, 7(6), 471-479.
- Kirby, R. F. & Roberts, J. A. (1985). *Introductory Biomechanics*. Ithaca, NY: Movement Publications.
- Kujala, U. M., Taimela, S., Erkintalo, M., Salminen, J. J. & Kaprio, J. (1996). Low-back pain in adolescent athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(2), 165-170.
- Kums, T., Ereline, J., Gapeyeva, H., Pääsuke, M. & Vain, A. (2007). Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 20(1), 87-95.

- Kuntz, C., Shaffrey, C., Ondra, S., Durrani, A., Mummaneni, P., Levin, L. & Pettigrew, D. (2008). Spinal deformity: A new classification derived from neutral upright spinal alignment measurements in asymptomatic juvenile, adolescent, adult, and geriatric individuals. *Neurosurgery*, 63(3), A25-A39.
- Lafage, V., Schwab, F., Skalli, W., Hawkinson, N., Gagey, P. M. Ondra, S. & Farcy, J. P. (2008). Standing balance and sagittal plane spinal deformity. Analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine*, 33(14), 1572-1578.
- Lafond, D, Champagne, A., Descarreaux, M., Dubois, J. D., Prado, J. M. & Duarte, M. (2009). Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait & Posture* 29, 421-427.
- Landers, M., Barker, G., Wallentine, S., McWhorter, J. W. & Peel, C. (2003). A comparison of tidal volume, breathing frequency, and minute ventilation between two sitting postures in healthy adults. *Physiotherapy. Theory and Practice*, 19, 109-119.
- Lapierre, A. (1996) *La reeducación física. Tomo II*. Madrid: Dossat.
- Lawrence, J. P., Greene, H. S. & Grauer, J. N. (2006). Back pain in athletes. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 14(13), 726-735.
- Ledoux, P. (1992). L'extensibilité des ischio-jambiers. *Kinésithérapie Scientifique*, 313, 6-8.
- Lengsfeld, M., Frank, A., Van Deursen, D. L. & Griss, P. (2000). Lumbar spine curvature during office chair sitting. *Medical Engineering & Physics*, 22(9), 665-669.
- Levine, D. & Whittle, M. (1996) The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24(3), 130-135.
- López, N., Albuquerque, F., Quintana, E., Domínguez, R., Rubens, J. & Calvo, J. I. (2005). Evaluación y análisis del morfotipo raquídeo del futbolista juvenil y amateur. *Fisioterapia*, 27(4), 192-200.

- López-Miñarro, P. A. & Alacid, F. (2009). Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Science & Sports*, 25, 188-193
- López-Miñarro, P. A. & Alacid, F. (2010). Cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en piragüistas adolescentes. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física. Deporte y Recreación*, 17, 5-9.
- López-Miñarro, P. A. (2000). *Ejercicios desaconsejados en la actividad física. Detección y alternativas*. Barcelona: Inde.
- López-Miñarro, P. A. (2003). *Análisis de ejercicios de acondicionamiento muscular en salas de musculación. Incidencia sobre el plano sagital*. Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia.
- López-Miñarro, P. A. (2009). Comparación de la cifosis torácica entre varios ejercicios de acondicionamiento muscular para los miembros superiores. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2(4), 110-115.
- López-Miñarro, P. A. (2010). Validez de criterio del ángulo lumbo-horizontal en flexión como medida de la extensibilidad isquiosural en adultos jóvenes. *Cultura Ciencia y Deporte*, 5(13), 25-31.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F. & Muyor, J. (2009a). Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 9(36), 379-392.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C. & García Ibarra, A. (2008a). Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canoístas y kayakistas de categoría infantil. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(9), 171-176.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C. & García Ibarra, A. (2008b). Valoración y comparación de la extensibilidad isquiosural entre kayakistas y canoístas de categoría infantil. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 20, 97-111.

- López-Miñarro, P. A., Ferragut, C., Alacid, F., Yuste, J. L. & García, A. (2008c). Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *APUNTS Medicina Deportiva*, 43(157), 24-29.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M. & Alacid, F. (2012a). Influence of hamstring extensibility on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in high-trained young kayakers. *European Journal of Sports Sciences*, 12(6), 469-474.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M. & Alacid, F. (2013). The influence of hamstring extensibility on spinal and pelvic postures in highly trained paddlers. *Journal of Physical Education & Health*, 2(4), 49-55.
- López-Miñarro PA, Muyor JM, Alacid F, Vaquero R. (2014). *Entrenamiento seguro, efectivo y saludable de la musculatura abdominal y lumbar en deportistas. En: Entrenamiento en piragüismo de Aguas tranquilas: Avances para la mejora en la preparación física, técnica, táctica, psicológica, nutricional y tecnológica*. Pontevedra: 2.0 Editora.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Belmonte, F. & Alacid, F. (2012b). Acute Effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *Journal of Human Kinetics*, 31, 69-78.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F. & Yuste, J. L. (2008d). Posture of thoracic spine during triceps-pushdown exercise. *Science & Sports*, 23, 183-185.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F. Sainz de Baranda, P. & García Ibarra, A. (2003). Evaluación de la postura sagital del raquis en practicantes de musculación en gimnasios de la Región de Murcia. // *Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Deporte y Calidad de Vida*. Granada. España.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F., Yuste, J. L., & García Ibarra, A. (2007a). Sagittal spinal curvatures in recreational weight lifters. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(122), 435-441.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Yuste, J. L., Alacid, F., Ferragut, C. & García Ibarra, A. (2008e). Validez de la posición del raquis lumbo-

- sacro en flexión como criterio de extensibilidad isquiosural en deportistas jóvenes. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(4), 103-110.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P. & Rodríguez-García, P. L. (2009b). A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 8, 116-122.
- López-Miñarro, P. A., Sáinz de Baranda, P., Rodríguez-García, P. L. & Yuste, J.L. (2008f). Comparison between sit-and-reach test and V sit-and-reach test in young adults. *Gazzetta Medica Italiana*, 167, 135-142.
- López-Miñarro, P. A., Sainz de Baranda, P., Yuste, J. L. & Rodríguez-García, P. L. (2008g). Validez del test sit-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(8), 87-92.
- López-Miñarro, P. A., Sánchez, J., Yuste, J. L. & Sáinz de Baranda, P. (2007b). Valoración de la extensibilidad isquiosural y morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol sala. En *III Congreso de Ciencias del Deporte*. Pontevedra, España.
- López-Miñarro, P. A., Yuste, J. L., Rodríguez García, P. L. Santonja, F., Sainz de Baranda, P. & García Ibarra, A. (2007c). Disposición sagital del raquis lumbar y torácico en el ejercicio de curl de bíceps con barra en bipedestación. *Ciencia, Cultura y Deporte*, 3(7), 19-24.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F., García Ibarra, A. y Yuste, J. L. (2007d). Disposición sagital del raquis en dos ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura aductora escapular. En *III Congreso Nacional de Ciencias del Deporte*. Pontevedra. España.
- Lord, M. J., Small, J.M., Dinsay, J. M. & Watkins, R. G. (1997). Lumbar lordosis: Macrae, I. F. & Wright, V. (1969). Measurement of back movement. *Annals Rheumatic Diseases*, 28(6), 584-589.

- Mac-Thiong, J. M., Labelle, H., Berthonnaud, E., Betz, R. & Roussouly, P. (2007). Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents. *European Spine Journal*, 16(2), 227-234.
- Mac-Thiong, J. M., Berthonnaud, E., Dimar, J., Betz, R. & Labelle, H. (2004). Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*, 29(15), 1642-1647.
- Mannion, A. F., Knecht, K., Balaban, G., Dvorak, J. & Grob, D. (2004). A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *European Spine Journal*, 13(2), 122-136.
- Marcos Becerro, J.F. (1989). *Salud y deporte para todos*. Madrid: Eudema.
- Martínez, F. M. (2004). *Disposición del raquis en el plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Martínez, F., Pastor, A. & Rodríguez, P. L. (2001). Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural en gimnasia rítmica deportiva. En A. Díaz y E. Segarra, *Actas del 2º Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad* (pp. 330-348). Madrid: Gymnos.
- Mata, D. (2002). Deporte: cultura y contracultura. Un estudio a través del modelo de los horizontes deportivos culturales. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 67, 6-16.
- McEvoy, M. P., Wilkie, K. & Williams, M. T. (2007). Anterior pelvic tilt in elite cyclists- A comparative matched pairs study. *Physical Therapy in Sport*, 8(1), 22-29.
- McGill, S. M. (1997). The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, 30(5), 465-475.
- McGill, S. M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.

- McGill, S. M. & Brown, S. (1992). Creep response of the lumbar spine to prolonged full flexion. *Clinical Biomechanics*, 7(1), 43-46.
- McIntyre, M. & Hall, M. (2005). Physiological profile in relation to playing position of élite college Gaelic footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 264-266.
- Meakin, J. R., Gregory, J. S., Aspden, R. M., Smith, F. W. & Gilbert, F. (2009). The intrinsic shape of the human lumbar spine in the supine, standing and sitting postures: characterization using an active shape model. *Journal of Anatomy* 215, 206–211.
- Mellin, G. (1986). Measurement of thoracolumbar posture and mobility with a Myrin inclinometer. *Spine*, 11(7), 759-762.
- Melrose, D., Spaniol, F., Bohling, M. & Bonnette, R. (2007). Physiological and performance characteristics of adolescent club volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 481-486.
- Mendoza, R, Sagrera, M. R, & Batista, J. M. (1994). *Conductas de los escolares españoles relacionadas con la salud (1986-1990)*. Madrid: C.S.I.C.
- Messier, S., Legault, C., Shoenlank, C., Newman, J., Martin, D. & Devita, P. (2008). Risk factors and mechanisms of knee injury in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(11), 1873-1879.
- Miralles, R. C. & Puig, M. (1988). *Biomecánica Clínica del Aparato Locomotor*. Barcelona: Masson, S.A.
- Mirzaei, B., Curby, D., Rahmani-Nia, F. & Moghadasi, M. (2009). Physiological profile of élite Iranian junior Freestyle wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2339-2344.
- Moreau, C. E., Green, B. N., Johnson, C. D. & Moreau, S. R. (2001). Isometric back extension endurance tests: A review of the literature. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 24(2), 110-122.

- Muyor, J. M. (2010). *Evaluación del morfotipo raquídeo en el plano sagital y grado de extensibilidad isquiosural del ciclista*. Tesis Doctoral. Almería: Universidad de Almería
- Muyor, J. M., Alacid, F., López-Miñarro, P. A. (2013). Comparison of sagittal lumbar curvature between elite cyclists and non-athletes. *Science & Sports*, 28, e167-e173.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A. & Casimiro, A. J. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 161-169.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., Alacid, F. (2011). Spinal posture of thoracic and lumbar spine and pelvic tilt in highly trained cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 355–361.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., Alacid, F. (2013). The relationship between hamstring muscle extensibility and spinal postures varies with the degree of knee extension. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(6), 678-686.
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., Casimiro, A. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 161-169.
- Muyor, J. M., Sánchez-Sánchez, E., Sanz-Rivas, D., López-Miñarro, P. A. (2013). Sagittal spinal morphology in highly trained adolescent tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 588-593.
- Nicolaisen T. & Jorgensen K. (1985) Trunk strength, back muscle endurance and low- back trouble. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 17, 121-127.
- Nilsson, C., Wykman, A. & Leanderson, J. (1993). Spinal Sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208.
- Norris, C.M. (2000). *Back stability*. Champaign: Human Kinetics.

- Norton, K. & Olds, T. (2001). Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sports Medicine*, 31(11), 763-783.
- Nourbakhsh, M. R. & Arab, A. M. (2002). Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 32(9), 447-460.
- Nyland, J., Kocabey, Y. & Caborn, D. N. (2004). Sex differences in perceived importance of hamstring stretching among high school athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 99(1), 3-11.
- O'Sullivan, K., Murray, E. & Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders*, 10, 37.
- O'Sullivan, P. B., Grahamslaw, K. M., Kendell, M., Lapenskie, S. C., Möller, N. E. & Richards, K. V. (2002). The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine*, 27(11), 1238-1244.
- Öberg, B., Ekstrand, J., Möller, M. y Gillquist, J. (1984). Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 5(4), 213-216.
- Ohlén, G., Wredmark, T. & Spandfort, E. (1989). Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine*, 14(8), 847-850.
- Ostojic, S. M. & Stojanovic, M. D. (2007). Range of motion in the lower extremity: elite vs non-elite soccer players. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 1(2), 74-78.
- Öztürk, A., Özkan, Y., Özdemir, R., Yaçın, N., Akgöz, S., Saraç, V. & Aykut, S. (2008). Radiographic changes in the lumbar spine in former professional football player: a comparative and matched controlled study. *European Spine Journal*, 17(1), 136-141.

- 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.
- Pate, R. R. (1988). The Evolving Definition of Physical Fitness. *Quest*, 40, 174-179.
- Polga, D. J., Beaubien, B. P., Kallemeier, P. M., Schellhas, K. P., Lee, W. D., Buttermann, G. R. & Wood, K. B. (2004). Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29(12), 1320-1324.
- Pope, M. H. & Panjabi, M. (1985). Biomechanical definitions of spinal instability. *Spine*, 10(3), 255-256.
- Post, R. & Leferink, V. (2004). Spinal mobility: sagittal range of motion measured with the Spinal Mouse®, a new non-invasive device. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 124(3), 187-192.
- Poussa, M., Heliövaara, M., Seitsamo, J., Könönen, M., Hurmerinta, K. & Nissinen, M. (2005). Development of spinal posture in a cohort of children from the age of 11 to 22 years. *European Spine Journal*, 14, 738-742.
- Prushansky, T., Ezra, N., Kurse, N., Man, L. & Schneiderman, Y. (2008). Reproducibility of sagittal pelvic tilt measurements in normal subjects using digital inclinometry. *Gait & Posture*, 28(3), 523-516.
- Puig, N. (1998). Individualización, diferencia y calidad de vida en el deporte. Educación Física y Calidad de Vida. En J. Martínez del Castillo (Ed.), *Deporte y Calidad de Vida* (pp. 20-36). Madrid: Librerías deportivas Esteban Sanz.
- Rajabi, R., Alizadeh, M. & Mobarakabadi, L. (2007). Comparison of thoracic kyphosis in group of elite female hockey player and a group on on-athletic female subjects. *24th Universiade Banhkok*. FISU Conference 9-12, August, pp. 366-370.
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M. & Hemayattalab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and free style

- wrestlers and a group of non-athletic subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 229-232.
- Rajabi, R., Freemont, A. & Doherty, P. (2000). The investigation of cycling position on thoracic spine. A novel method of measuring thoracic kyphosis in the standing position. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 108(1-2), 142.
- Reade, E, Hom, L, Hallum, A. & Lopopolo, R. (1984). Changes in popliteal angle measurement in infants up to one year of age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 26(6), 774-780.
- Rodríguez García, P. L. (1998). *Educación Física y salud escolar. Programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- Rodríguez, P. L. & Santonja, F. (2001). Repercusiones posturales con los estiramientos en flexión de tronco y las pruebas de distancia dedos-planta y distancia dedos-suelo. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 5, 64-70.
- Rodríguez-García, P. L., López-Miñarro, P. A., Yuste, J. L. & Sáinz de Baranda, P. (2008). Comparison of hamstring criterion-related validity, sagittal spinal curvatures, pelvic tilt, and score between sit-and-reach and toe-touch tests in athletes. *Medicina dello Sport*, 61(1), 11-20.
- Ruiz, F., García, E. & Hernández, A. I. (2001). El interés por la práctica de actividad físico-deportiva de tiempo libre del alumnado de la Universidad de Almería. Un estudio longitudinal. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 63, 86-92.
- Ruiz-Ibán, M., Elías, M. & Ruiz-Fernández, J. (2005). Inclinação pélvica en el plano sagital. Descripción y validación de un nuevo sistema de medida. Valores normales en 75 sujetos. *Rehabilitación*, 39(3), 121-127.
- Sainz de Baranda, P., Ferrer, V., Martínez, L., Santonja, F., Rodríguez, P. L., Andújar, P., Carrión, M. & García, M. J. (2001). Morfotipo del futbolista profesional. Actas del *II Congreso Internacional de Educación Física y*

- Diversidad* (pp. 293-295). Consejería de Educación y Universidades: Murcia.
- Sainz de Baranda, P., Santonja, F. y Rodríguez-Iniesta, M. (2009). Valoración de la disposición sagital del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(16), 21-33.
- Salai, M., Brosh, T., Blankstein, A., Oran, A. & Chechik, A. (1999). Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33(6), 398-400.
- Sánchez, R. & Sánchez, J. (2001). Culturas deportivas y valores sociales: una aproximación a la dimensión social del deporte. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 64, 33-45.
- Sánchez-Barrera, M., Pérez, M. & Godoy, J. (1995). Patrones de actividad física de una muestra española. *Revista de Psicología del Deporte*, 7-8, 51-71. INJUVE (2012). Informe de la Juventud en España. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Santonja, F. & Martínez, I. (1992). Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En F. Santonja e I. Martínez (Eds.) *Valoración médico deportiva del escolar* (pp. 245-258). Murcia: Universidad de Murcia.
- Santonja, F. & Martínez, I. (1995a). Raquis y deporte. ¿Cuál sí y cuándo? *Selección*, 5, 28-38.
- Santonja, F. (1993). *Exploración clínica y radiológica del raquis sagital. Sus correlaciones* (premio SOCUMOT-91). Murcia: Secretariado de Publicaciones e intercambio científico.
- Santonja, F. (1996). Las desviaciones sagitales del raquis y su relación con la práctica deportiva. En: Ferrer V, Martínez L, Santonja F. *Escolar, Medicina y Deporte*. Diputación Provincial de Albacete; 251-268.
- Santonja, F., Ferrer, V. & Canteras, M. (1995b). Alteraciones morfológicas raquídeas en la cortedad isquiosural. En Abstracts del *VIII Congreso Europeo de Medicina del Deporte* (p. 154). Granada, 23-27 de octubre.
- Santonja, F., Ferrer, V. & Martínez, I. (1995c). Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección*, 4(2), 78-88.

- Santonja, F., Gómez, S. & Canteras, M. (2002). Utilidad de la exploración en decúbito prono del plano sagital. *Selección*, 11(4), 272.
- Santonja, F., Pastor, A. & Serna, L. (2000). Valoración radiográfica de las desalineaciones sagitales del raquis. *Selección*, 9, 216-229.
- Sanz, I. (2002). Natación y flexibilidad. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 2(6), 128-142.
- Sardinha, L. (1999). Exercício, saúde e aptidão metabólica. En L. Sardinha, M. Gaspar de Matos y I. Loureiro (Eds.), *Promocao da saúde. Modelos e práticas de intervencao nos arnbitos da actividade física, nutricao e tabagismo* (pp. 85-121). Lisboa: Facultad de Motricidad Humana.
- Sato, K., Kikuchi, S. & Yonezawa, T. (1999). In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24(3), 2468-2474.
- Sbriccoli, P., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R., Lu, Y., Zhu, M. & Burger, E. (2004). Static load magnitude is a risk factor in the development of cumulative low back disorder. *Muscle & Nerve*, 29, 300-308.
- Schwab, F., Lafage, V., Boyce, R., Skalli, W. & Farcy, J. P. (2006). Gravity line analysis in adult volunteers. Age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters and foot position. *Spine*, 31(25), E959-E967.
- Schwab, F., Lafage, V., Patel, A & Farcy, J. P (2009). Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine*, 34(17), 1828-1833.
- Shin, G., D'Souza, C. & Liu, Y. (2009). Creep and fatigue development in the low back pain in static flexion. *Spine*, 34(17), 1873-1878.
- Shrout, P. E. & Fleiss, J. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420-428.
- Smith, A., O'Sullivan, P. & Straker, L. (2008). Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine*, 33(19), 2101-2107.

- Solomonow, M. (2004). Ligaments: a source of work-related musculoskeletal disorders. *Journal of Electromyographic and Kinesiology*, 14(1), 49-60.
- Solomonow, M., Zhou, B. H., Baratta, R. V. & Burger, E. (2003). Biomechanics and electromyography of a cumulative lumbar disorder: response to static flexion. *Clinical Biomechanics*, 18(10), 883-889.
- Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., Zhu, M. & Lu, Y. (2002). Neuromuscular disorders associated with static lumbar flexion: a feline model. *Journal of Electromyographic and Kinesiology*, 12(2), 81-90.
- Srinivasan, J. & Balasubramanian, V. (2007). Low back pain and muscle fatigue due to road cycling – An EMG study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 11(3), 260-266.
- Stutchfield, B. M. & Coleman, S. (2006). The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *European Journal of Sports Science*, 6(4), 255-260.
- Swärd, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*, 13(5), 357-64.
- Taimela, S., Kankaanpää, M. & Luoto, S. (1999). The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine*, 24(13), 1322-7.
- Takahashi, I., Kikuchi, S. I., Sato, K. & Sato, N. (1996). Mechanical load of the lumbar spine during forward bending motion of the trunk-A biomechanical study. *Spine*, 31(1), 18-23.
- Takahara, Y., Urabe, Y., Nishiwaki, G. A., Tanaka, K. & Miyashita, K. (2009). How back-muscle fatigue influences lumbar curvature. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18(2), 327-36.
- Thompson, C. W. & Floyd, R. T. (1996). *Manual de kinesiología estructural*. Barcelona: Paidotribo.
- Toskovic, N., Blessing, D. & Williford, H. (2004). Physiologic profile of recreational male and female novice and experienced Tae Kwon Do

- practitioners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44, 164-172.
- Trehearn, T. & Buresh, R. (2009). Sit-and-reach flexibility and running economy of men and women collegiate distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 158-162.
- Uetake, T., Ohsuki, F., Tanaka, H. & Shindo, M. (1998). The vertebral curvature of sportsmen. *Journal of Sports Sciences*, 16, 621-628.
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N. & Poza, J. J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *Spine*, 22(17), 1965-1969.
- Vaz, G., Roussouly, P., Berthonnaud, E. & Dimmet, J. (2002). Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *European Spine Journal*, 11(1), 80-87.
- Velázquez, R., García, M., Castejón, F. J., Hernández, J. L., López, C. & Maldonado, A. (2001). Relaciones que se dan entre la imagen del deporte que tienen los chicos y las chicas y sus hábitos de práctica deportiva durante el ocio. *Actas de XIX Congreso Nacional de Educación Física*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Villavicencio, A. T., Burneikiene, S., Hernández, T. D. & Thramann, J. (2006). Back and neck pain in triathletes. *Neurosurgical Focus*, 21(4), E7.
- Walker, M., Rothstein, J., Finucane, S. & Lamb, R. (1987). Relationships between lumbar lordosis, pelvic tilt, and abdominal muscle performance. *Physical Therapy*, 67(4), 512-516.
- Wang, S. S., Whitney, S. L., Burdett, R. G. & Janosky, J. E. (1993). Lower extremity muscular flexibility in long distance runners. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(2), 102-107.
- Widhe, T. (2001). Spine: posture, mobility and pain. A longitudinal study from childhood to adolescence. *European Spine Journal*, 10, 118-123.
- Wiktorsson-Möller, M., Oberg, B., Ekstrand, J. & Gillquist, J. (1983). Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle

- strength in the lower extremity. *The American Journal of Sports Medicine*, 11(4), 249-52.
- Wilke, H. J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T. & Claes, L. E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24(8), 755-762.
- Wilke, H. J., Neef, P., Hinz, B., Seidel, H. & Claes, L. E. (2001). Intradiscal pressure together with anthropometric data - a data set for the validation of models. *Clinical Biomechanics*, 1, S111-S126.
- Williams, M., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. & Harris, M. (2000). Multifidus spasm elicited by prolonged lumbar flexion. *Spine*, 25(22), 2916-2924.
- Wilmore, J. & Costill, D. (1988). *Athletic training for sport and activity*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown.
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T. & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *American Journal Sports Medicine*, 31(1), 41-46.
- Wodecki, P., Guigui, P., Hanotel, M. C., Cardinne, L. & Deburge, A. (2002). Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de L'Appareil Moteur*, 88(4), 328-336.
- Wojtys, E., Ashton-Miller, J., Huston, L. & Moga, P. (2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.
- Wood, K. B. (2002). Spinal deformity in the adolescent athlete. *Clinical Sports Medicine*, 21(1), 77-92.
- Young, W. B., Newton, R. U., Doyle, T. L. A., Chapman, D., Cormack, S., Stewart, G. & Dawson, B. (2005). Physiological and anthropometric characteristics of starters and non-starters and playing positions in elite Australian Rules football: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(3), 333-345.

Anexos

ANEXO I**CUESTIONARIO**

Fecha: _____

Este cuestionario forma parte de un estudio de la Universidad de Murcia y cuyo objetivo es valorar las curvaturas de la columna vertebral y la extensibilidad de la musculatura isquiosural en tenistas.

En cumplimiento de lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, relativa a la Protección de Datos de Carácter Personal y sus reglamentos, los datos obtenidos por este cuestionario y en la valoración de la columna vertebral serán utilizados únicamente para la presente investigación, quedando totalmente excluida la transmisión a terceros.

INSTRUCCIONES PREVIAS

- Para que este estudio cumpla los requisitos de objetividad y rigor científico, le pedimos que conteste a las preguntas con la mayor **SINCERIDAD** posible.
- Para contestar a las preguntas donde hay que elegir la respuesta, tiene que rodear con un círculo el número que corresponda a su respuesta.
- En el caso que tenga que escribir la respuesta, le rogamos lo haga con letras mayúsculas y legibles.

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

1. Código identificativo

--

 a

--

 rellenar por el

--

 investigador:_____.

2. Edad: _____ años. Talla _____ m. Peso _____ Kg

3. Categoría deportiva: _____.

4. Fumador:

1. SÍ 2. NO (Pase a la pregunta 5)

4.1. N° cigarrillos/día: _____.

5. Tiempo que lleva entrenando en tenis (**ininterrumpidamente**): _____ años.

6. Días a la semana de entrenamiento (con la raqueta): _____ días.

6.1. Días de entrenamiento al año: _____ días.

6.2. Número de horas de entrenamiento por día (con la raqueta): _____ horas.

7. ¿Realiza ejercicios de estiramientos para la espalda?

1. SÍ 2. NO (Pase a la pregunta 8)

7.1. ¿Cuánto tiempo dedica a los estiramientos de la **espalda** cada día? _____ min.

7.2. ¿Cuántos días a la semana suele realizar ejercicios de estiramiento de la musculatura de la espalda? _____ días.

7.3. Indique o dibuje los 3 ejercicios de estiramiento para la espalda, que más habitualmente realiza:

7.3.1. _____.

7.3.2. _____.

7.3.3. _____.

8. ¿Realiza ejercicios de estiramientos de los músculos **isquiosurales**?

1. SÍ 2. NO (Pase a la pregunta 9)

8.1. ¿Cuántos días a la semana suele realizar ejercicios de estiramiento de la musculatura isquiosural? _____ días.

8.2. ¿Cuánto tiempo dedica a los estiramientos de los isquiosurales cada día? _____ min.

8.3. Indique o dibuje los 3 ejercicios para los músculos isquiosurales, que más habitualmente realiza:

8.3.1. _____.

8.3.2. _____.

8.3.3. _____.

9. ¿Ha sufrido anteriormente alguna lesión?

1. SÍ 2. NO

9.1. ¿Cuál/es? _____

10. ¿Sabe si tiene alguna alteración en la columna vertebral?

1. SÍ 2. NO 3. NO LO SÉ

10.1. En caso afirmativo, señale la que tenga:

1. Escoliosis lumbar
2. Escoliosis dorsal
3. Hiperlordosis lumbar
4. Hipercifosis dorsal
5. Rectificación cervical
6. Otras: _____.

11. ¿Ha sido operado alguna vez de la columna vertebral?

1. SÍ 2. NO

12. ¿Ha sido operado alguna vez en la parte posterior del muslo (isquiosurales)?

1. SÍ 2. NO

13. ¿Le han realizado algún estudio previo en la columna vertebral?

1. SÍ 2. NO (Pase a la pregunta 14)

13.1. En caso afirmativo, ¿con qué sistema le han hecho ese estudio?

1. Resonancia Magnética
2. Radiografía
3. Densitometría ósea
4. Medición curvas
5. Cuestionario
6. Otro: _____.

13.2 Le detectaron algún problema en ese estudio.

1. SÍ 2. NO

13.2. En caso afirmativo, ¿Cuál/es? _____.

14. ¿Tiene en este momento agujetas?

1. SÍ 2. NO

14.1 En caso afirmativo, indique dónde _____.

15. ¿Tiene en este momento dolor de espalda?

1. SÍ 2. NO (Pase a la pregunta 16)

15.1. ¿En qué parte o partes?

1. Cervical
2. Dorsal
3. Lumbar
4. Sacra

15.2. ¿En qué posición le duele con más frecuencia?

1. De pie
2. Sentado
3. Flexión de tronco
4. Al extender el tronco

15.3 Grado de dolor. En la siguiente tabla **debe rodear con un círculo** el número que más se aproxime a su grado de dolor.

Sin dolor		Moderado						Muy intenso	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

16. ¿Ha sido examinado o tratado de dolor de espalda por algún médico en el último año?

1. SÍ 2. NO

17. ¿Ha tenido que acudir a algún hospital o centro médico por causa de un dolor de espalda?

1. SÍ 2. NO

18. ¿Ha sido operado en alguna ocasión por causa del dolor de espalda?

1. SÍ 2. NO

19. ¿Ha tenido dolor de espalda en los últimos 7 días?

1. SÍ 2. NO

20. ¿Ha tenido algún tipo de dolor de espalda que estuviera acompañado de irradiación del dolor a las piernas?

1. SÍ 2. NO

21. ¿Cuántos días durante los últimos 12 meses ha tenido dolor de espalda?
_____ días.

22. ¿Cuántos días de entrenamiento ha tenido que perder por el dolor de espalda en los últimos 12 meses? _____ días.

23. ¿Cuántos días de competición ha tenido que perder por el dolor de espalda en los últimos 12 meses? _____ días.

24. ¿Ha tenido que modificar algún gesto técnico, empuñadura, raqueta o tensión del cordaje por causa del dolor de espalda?

1. SÍ 2. NO

A rellenar por el investigador:

24. Peso: _____ Kg.

25. Talla: _____ cm.

MUCHAS GRACIAS POR LA COLABORACIÓN