

DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS Y EXTENSIBILIDAD ISQUIOSURAL EN MUJERES POSTMENOPÁUSICAS ACTIVAS Y SEDENTARIAS

Spinal shapes in sagittal plane and hamstring flexibility in active and sedentary post-menopausal women

Pilar Sainz de Baranda Andújar, Pedro Ángel López Miñarro, Andrés Martínez-Almagro Andreo

Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM).

Facultad de Ciencias de la Salud, de la Actividad Física y del Deporte

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA

Dra. Pilar Sainz de Baranda Andújar

Facultad de Ciencias de la Salud, de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM).

Campus de los Jerónimos, s/n. 30107 Guadalupe (Murcia)

mpsainz@pdi.ucam.edu

Fecha de recepción: Junio 2005 • Fecha de aceptación: Agosto 2005

RESUMEN

Se valoró la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar mediante un inclinómetro ISOMED Unilevel en bipedestación relajada, sedentación asténica y flexión del tronco máxima (test dedos-suelo), así como la extensibilidad isquiosural mediante el test de elevación de pierna recta. Se valoró a 79 mujeres postmenopáusicas que participaban en programas de ejercicio físico organizados por instituciones públicas (ACT), así como a 45 mujeres sedentarias de las mismas características (SED). En bipedestación, la curva dorsal media fue de $46,51^{\circ} \pm 10,19^{\circ}$ (SED) y $44,15^{\circ} \pm 10,69^{\circ}$ (ACT) ($p > 0,05$). Para la curva lumbar, la media fue de $37,00^{\circ} \pm 8,36^{\circ}$ (SED) y $37,36^{\circ} \pm 9,00^{\circ}$ (ACT) ($p > 0,05$). En disposición dedos-suelo, la curva dorsal media fue de $57,76^{\circ} \pm 12,13^{\circ}$ (SED) y de $56,21^{\circ} \pm 11,8^{\circ}$ para el grupo ACT ($p > 0,05$). Para la curva lumbar, el grupo SED presenta una media de $13,47^{\circ} \pm 12,84^{\circ}$, y el grupo ACT de $15,94^{\circ} \pm 13,42$ ($p > 0,05$). En sedentación asténica, la curva dorsal media del grupo SED fue de $46,62^{\circ} \pm 11,2^{\circ}$ y de $44,54^{\circ} \pm 12,93^{\circ}$ en el grupo ACT ($p > 0,05$). La curva lumbar fue de $-4,00^{\circ} \pm 12,00^{\circ}$ en el grupo SED y de $-2,88^{\circ} \pm 11,50^{\circ}$ en el grupo ACT ($p > 0,05$). Tras la valoración de la extensibilidad isquiosural con el test de elevación de la pierna recta, la media del grupo SED fue de $80,64^{\circ} \pm 16,3^{\circ}$ para la pierna izquierda y de $79,67^{\circ} \pm 13,69^{\circ}$ para la pierna derecha, mientras que en el grupo ACT la media fue de $83,96^{\circ} \pm 13,9^{\circ}$ para la pierna izquierda y de $82,10^{\circ} \pm 14,73^{\circ}$ para la pierna derecha ($p > 0,05$). No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos, posiblemente porque en los programas de ejercicio físico no se realizan actividades específicas de higiene postural.

Palabras clave: Columna vertebral, isquiosurales, mujeres postmenopáusicas.

ABSTRACT

Thoracic and lumbar curves were assessed with an ISOMED Unilevel inclinometer in different positions (standing, sitting and toe touching). Hamstring flexibility was evaluated using the straight leg raise test. Seventy-nine postmenopausal women that attended fitness classes (ACT) and 45 sedentary women (SED) were evaluated. Kyphosis thoracic in standing was $46.51^{\circ} \pm 10.19^{\circ}$ (SED) and $44.15^{\circ} \pm 10.69^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$). Lordosis in standing was $37.00^{\circ} \pm 8.36^{\circ}$ (SED) and $37.36^{\circ} \pm 9.00^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$). Kyphosis thoracic in forward bending was $57.76^{\circ} \pm 12.13^{\circ}$ (SED) and $56.21^{\circ} \pm 11.80^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$). Kyphosis lumbar in forward bending was $13.47^{\circ} \pm 12.84^{\circ}$ (SED) and $15.94^{\circ} \pm 13.42$ (ACT) ($p > 0.05$). Kyphosis thoracic in sitting was $46.62^{\circ} \pm 11.20^{\circ}$ (SED) and $44.54^{\circ} \pm 12.93^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$). Kyphosis lumbar in sitting was $-4.00^{\circ} \pm 12.00^{\circ}$ (SED) and $-2.88^{\circ} \pm 11.50^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$). The average flexion of the left hip was $80.64^{\circ} \pm 16.30^{\circ}$ (SED) and $83.96^{\circ} \pm 13.90^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$), and the average flexion of the right hip was $79.67^{\circ} \pm 13.69^{\circ}$ (SED) and $82.10^{\circ} \pm 14.73^{\circ}$ (ACT) ($p > 0.05$).

No significant differences ($p > 0.05$) were found for any variables when subjects were divided into sedentary and exercisers.

Key words: Spine, hamstrings, postmenopausal women.

Introducción

En las mujeres, la aparición de la menopausia, junto a otros factores de riesgo, aumenta el riesgo de patología en el raquis (Melton, 1997). La deformidad vertebral es una de las manifestaciones más importantes de la osteoporosis (Black, Palermo, Nevitt, Genant, Chistensen & Cummings, 1999; Cockerill et al., 2000). Las mujeres postmenopáusicas podrían beneficiarse con la práctica sistemática y organizada del ejercicio físico, al atenuar los efectos de los cambios fisiológicos que se asocian a la menopausia y previniendo los cambios patológicos (Villaverde, Roa, Araujo, Cruz, Ruiz & Ramírez, 2004).

Diversos estudios han establecido una asociación entre la hiper cifosis dorsal con una baja densidad mineral ósea, pérdida de altura (Eagan y Sedlock, 2001; Ettinger, Black, Palermo, Nevitt, Melnikoff & Cummings, 1994), degeneración discal (Schneider, Von Muhlen, Barrett-Connor & Sartoris, 2004), menor calidad de vida (Miyakoshi, Itoi, Kobayashi & Kodama, 2003), y una mayor probabilidad de padecer una fractura vertebral (De Smet, Robinson, Johnson & Lukert, 1988; Ensrud, Black, Harris, Ettinger & Cummings, 1997). Entre las consecuencias de estas fracturas se pueden destacar el aumento de la cifosis dorsal (Ernst, 1998; Haczynski & Jakimiuk, 2001), la aparición de algias dorso-lumbares (Ross, Dais, Epstein & Wasnich, 1994; Lindsey, Kim, Hannibal & Alamin, 1995), una menor movilidad intervertebral (Cooper, Oneil & Silman, 1993; Ernst, 1998) y la posibilidad de padecer una segunda fractura (Revel, Mayoux-Benhamou, Rabourdin, Bagheri, Roux, 1993).

A su vez, las mujeres con mayor grado de hiper cifosis dorsal presentan mayores limitaciones funcionales (Culham, Jiménez & King, 1994; Kado, Huang, Barret-Connor & Greendale, 2005), y una mayor ratio de mortalidad (Kado, Huang, Karlamangla, Barret-Connor & Greendale, 2004). En este sentido, Ensrud et al. (2000), en mujeres postmenopáusicas entre 55 y 80 años, encontraron que la severidad de la cifosis torácica se correlacionó con la presencia de fracturas vertebrales por compresión, de tal forma que un incremento de 15 grados en la cifosis dorsal estuvo asociado con una

pérdida de altura de más de 4 cm. y un mayor riesgo (odds ratio: 1,6) de fractura vertebral.

Además, estudios realizados *in vivo e in vitro* muestran cómo una mayor cifosis dorsal aumenta la presión intradiscal (Polga et al., 2004; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland & Claes, 1999; Wilke, Neef, Hinz, Seidel & Claes, 2001), así como el estrés compresivo y de cizalla antero-posterior (Callaghan & McGill, 2001a), disminuyendo progresivamente el umbral de tolerancia de los tejidos vertebrales (Adams & Dolan, 1997; McGill, 1997). Por todo ello, una menor cifosis dorsal en las actividades cotidianas y en la práctica de ejercicio físico supondría un factor preventivo de la fractura vertebral.

Por otro lado, la flexibilidad de la musculatura isquiosural es, de forma general, un componente importante en la condición física saludable y, en particular, de la salud de la columna vertebral (American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 1984). Así, la cordedad de la musculatura isquiosural se ha asociado con algias lumbares (Biering-Sorensen, 1984; Cailliet, 1988; Mierau, Cassidy & Yong-Hing, 1989; Somhegyi & Ratko, 1993; Wherenberg & Costello, 1993), deformidad raquídea (Bado, 1977; Fisk, Baigent & Hill, 1984; Somhegyi & Ratko, 1993; Stokes & Aberly, 1980), espondilolisis y espondilolistesis (Hollingsworth, 1996; Santonja, Pastor & Garcés, 1995; Standaert & Herring, 2000), hernias discales (Harvey & Tanner, 1991; Takata & Takahashi, 1994) y lesiones musculares (Baker, 1984; Cabry & Shiple, 2000; Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen & Crielaard, 2002; Garet, Calift & Basset, 1984).

La falta de extensibilidad de la musculatura isquiosural ocasiona una limitación en los movimientos de flexión del tronco, provocando una marcada inversión del raquis lumbar y un aumento de la cifosis dorsal (Santonja & Martínez, 1992), lo que aumenta el riesgo de:

- 1) Avulsión del platillo vertebral, debido al aumento del estrés de cizalla anterior (McGill, 2002; Yingling & McGill, 1999).
- 2) Acuñaamientos vertebrales anteriores, por la mayor compresión en la parte anterior de los cuerpos vertebrales (Ferrer, 1998; Pastor, 2000).

3) Protrusión del núcleo pulposo y desgarras en las fibras posteriores y más internas del anillo fibroso (Callaghan & McGill, 2001b), al aumentar la presión sobre la parte anterior del disco intervertebral (Krämer, 1989).

4) Deformación de los tejidos visco-elásticos del arco posterior del raquis, aumentando la inestabilidad (Gedalia, Solomonow, Zhou, Baratta, Lu, Y. & Harris, 1999).

Por ello, tanto la correcta disposición de la columna vertebral en el plano sagital, como el mantenimiento de una buena extensibilidad de la musculatura isquiosural serán dos factores claves en la prevención de patologías de la columna vertebral y de los problemas articulares provocados por la repetición sistemática de movimientos de flexión de tronco, y será esencial para realizar adecuadamente las actividades de la vida diaria.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo es valorar la disposición sagital de la columna en bipedestación, sedentación asténica y flexión máxima del tronco, así como la extensibilidad isquiosural, en mujeres postmenopáusicas, y determinar si existen diferencias entre el grupo de mujeres que participan en programas de ejercicio físico ofertados por instituciones públicas y mujeres sedentarias.

Material y métodos

Muestra

Un total de 129 mujeres postmenopáusicas fueron seleccionadas de un Centro de la Mujer y dos Centros de Personas Mayores de la Región de Murcia, de las cuales 79 realizaban ejercicio físico (ACT) en el marco de los programas organizados por las administraciones públicas y 45 eran sedentarias (SED). Las características de cada grupo se presentan en la tabla 1. Las mujeres activas presentaban una media de $4,91 \pm 5,7$ años de participación en el programa de actividad física y una frecuencia semanal de $3,54 \pm 1,71$ días (incluye la práctica autónoma realizada por las mujeres). La frecuencia de los programas era de 2 sesiones semanales de 50 minutos de duración.

El estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad Católica San Antonio de Murcia y las participantes fueron

informadas previamente acerca de los procedimientos y objetivos del estudio, firmando un consentimiento informado.

Procedimiento

Los criterios de inclusión fueron no haber sido sometida a cirugía en miembros inferiores ni en columna vertebral, haber transcurrido al menos tres horas desde que se levantaron de la cama, no haber realizado actividad física alguna en las últimas 24 horas, y ser postmenopáusicas.

Todas las mediciones se realizaron a la misma hora del día y en las mismas condiciones ambientales. Las mujeres no realizaron ejercicios de activación o estiramientos antes de la medición, ni durante la misma. Los test fueron administrados por dos exploradores experimentados.

Previamente a la exploración, con objeto de establecer la fiabilidad de los exploradores, se realizó un estudio a doble ciego con 10 sujetos, obteniendo un coeficiente de correlación intraclase superior a 0,95 en todas las variables.

Se midió de forma aleatoria, en ambas piernas, la extensibilidad isquiosural mediante el test de elevación de pierna recta, así como la disposición angular del raquis dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación y en flexión máxima del tronco (test dedos-suelo). Cada medición se realizó en tres ocasiones, utilizando la media para el análisis de datos.

Entre cada medición hubo un periodo de 5 minutos de descanso. Previamente a las mediciones, se procedió a marcar, con un rotulador dermatográfico, las apófisis espinosas de T_1 , T_{12} y L_5 , siguiendo el protocolo de Madson, Youdas y Suman (1999).

Disposición sagital de la columna vertebral

Se midió la curva dorsal y lumbar en bipedestación habitual, sedentación asténica y flexión máxima del tronco (test dedos-suelo), utilizando un inclinómetro ISOMED Unilevel, siguiendo el protocolo de medición y las referencias aportadas por Santonja (1996) y Pastor (2000).

Para medir la cifosis dorsal en bipedestación el inclinómetro se colocó al inicio

Tabla 1. Características generales de la muestra (Media \pm desviación típica).

Grupo	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (cm)	Edad menopausia (años)
Activas	60,31 \pm 8,46	68,98 \pm 9,72	154,42 \pm 5,78	48,67 \pm 5,60
Sedentarias	61,00 \pm 8,84	74,00 \pm 15,45	153,79 \pm 6,14	48,27 \pm 5,60

de la curvatura torácica (T_1), colocándose en esta posición a 0°. A continuación, se contorneó el perfil del raquis hasta la zona donde se obtuvo el mayor valor angular, generalmente coincidente con T_{12} - L_1 , obteniendo el grado de cifosis dorsal. Para medir la lordosis lumbar, en la zona en la que se determinaba el grado de cifosis dorsal se nivelaba el inclinómetro a 0° y se contorneaba el perfil del raquis hasta la zona donde se obtenía el mayor valor angular, generalmente coincidente con el inicio del pliegue interglúteo (L_5).

En sedentación asténica, las mujeres se sentaban en la camilla, sin apoyar los pies en el suelo y con las manos sobre los muslos. A continuación se les indicaba que se relajaran y se procedía a la medición.

En el test dedos-suelo, la persona se situaba en bipedestación en un cajón de medición *AcuFlex*, con rodillas extendidas y pies separados a la anchura de caderas. La falange más distal del metatarso se colocaba en contacto con el cajón de medición, con las caderas en posición anatómica, sin rotación coxofemoral. En esta posición, se le solicitaba que realizara una flexión máxima del tronco con rodillas y brazos extendidos, deslizando las palmas de las manos por el cajón. Al alcanzar la máxima distancia posible se procedía a la medición de la disposición sagital del raquis.

En sedentación asténica y flexión máxima del tronco, la cifosis dorsal se medía situando el inclinómetro al inicio de la curvatura torácica (T_1), colocándolo a 0°. A continuación se colocaba en la marca realizada en T_{12} , obteniendo el valor angular de la curva. Para medir la lordosis lumbar, en la zona en la que se determinó el grado de cifosis dorsal (T_{12}) se nivelaba el inclinómetro a 0°, y se colocaba a continuación en el inicio del pliegue interglúteo (L_5).

En la medición de la curva lumbar un valor negativo indica que existe lordosis, mientras un valor positivo supone la existencia de inversión o cifosis lumbar.

Extensibilidad isquiosural

La extensibilidad isquiosural fue valorada en ambas piernas mediante el test angular elevación de la pierna recta (EPR), utilizando un inclinómetro ISO-MED Unilevel. Para la realización del test EPR, la persona se situaba en decúbito supino sobre una camilla con un Lumbo-sant colocado bajo el raquis lumbar. Un explorador colocaba una mano fijando la pierna no explorada y la pelvis. Con las rodillas en extensión, otro explorador realizaba una flexión pasiva coxofemoral de forma lenta y progresiva, hasta que el explorador notaba una retroversión de la pelvis (Pope, Bevins, Wilder & Frymoyer, 1985) o la explorada manifestaba dolor en el hueco poplíteo (Hyytiäinen, Salmiinen, Suvitie, Wickström & Pentty, 1991), momento en el que se procedía a la medición en grados. Para clasificar la extensibilidad isquiosural se siguieron las referencias de Ferrer (1998): normalidad ($\geq 75^\circ$), cortedad grado I (74° - 61°) y cortedad grado II ($\leq 60^\circ$).

Tratamiento estadístico

Se aplicó la prueba t de Student, de comparación de medias, para muestras independientes, previo análisis de la prueba de Levene (igualdad de varianza) para comparar los datos angulares entre el grupo ACT y SED. Para establecer las correlaciones entre los valores del EPR de ambas piernas se utilizó el test de Pearson. Una t-student para muestras apareadas fue utilizada para comparar el valor EPR de ambas piernas. Todos los datos fueron analizados usando el SPSS 12.0 y el nivel de significación fue de $p < 0,05$.

Resultados

En bipedestación y para la curva dorsal, el grupo SED presenta una media de $46,51^\circ \pm 10,19^\circ$ (rango: 16° - 70°), mientras el grupo ACT tiene una media de $44,15^\circ \pm 10,69^\circ$ (rango: 15° - 76°), no existiendo diferencias significativas entre

ambos grupos ($p > 0,05$). Para la curva lumbar, el grupo SED tiene una media de $37,00 \pm 8,36^\circ$ (rango: 21° - 68°), y el grupo ACT una media de $37,36 \pm 9,00^\circ$ (rango: 16° - 66°), no existiendo diferencias significativas entre ambos grupos ($p > 0,05$). La distribución de casos de ambos grupos en base a las referencias de normalidad se presenta en la tabla 2.

En flexión máxima del tronco (disposición dedos-suelo), para la curva dorsal, el grupo SED presenta una media de $57,76 \pm 12,13^\circ$ (rango: 30° - 78°), mientras el grupo ACT tiene una media de $56,21 \pm 11,8^\circ$ (rango: 20° - 82°) ($p > 0,05$). Para la curva lumbar, el grupo SED presenta una media de $13,47 \pm 12,84^\circ$ (rango: $-21^\circ/50^\circ$), y el grupo ACT de $15,94 \pm 13,42^\circ$ (rango: $-20^\circ/44^\circ$) ($p > 0,05$). La distribución de casos de ambos grupos en base a las referencias de normalidad se presenta en la tabla 3.

En sedentación asténica, para la curva dorsal, el grupo SED presenta una media de $46,62 \pm 11,2^\circ$ (rango: 22° - 72°), y el grupo ACT una media de $44,54 \pm 12,93^\circ$ (rango: 18° - 80°) ($p > 0,05$). En la curva lumbar el grupo SED presenta una media de $-4,00 \pm 12,00^\circ$ (rango: $-30^\circ/26^\circ$), y el grupo ACT una media de $-2,88 \pm 11,50^\circ$ (rango: $-32^\circ/28^\circ$) ($p > 0,05$). La distribución de casos de ambos grupos en base a las referencias de normalidad se presenta en la tabla 4.

Los resultados de la valoración de la extensibilidad isquiosural mediante el EPR se presentan en la tabla 5. En la tabla 6 se presenta la distribución de mujeres en base a las referencias de normalidad para cada pierna. Los valores angulares de ambas piernas muestran una mayor extensibilidad de las mujeres activas, si bien no existen diferencias significativas entre ambos grupos. La correlación entre los valores EPR de ambas piernas fue de $r = 0,91$ para el grupo ACT y de $r = 0,90$ para el grupo SED. No existen diferencias significativas entre los valores medios del EPR de cada pierna entre ambos grupos ($p > 0,05$).

Las correlaciones entre las variables analizadas se presentan en la tabla 7. La correlación entre la cifosis dorsal en bipedestación y la sedentación es moderada ($r = 0,63$ - $0,75$, $p < 0,01$), mientras entre bipedestación y flexión del tronco es baja

Tabla 2. Distribución de los casos según los valores de la curva dorsal y lumbar en bipedestación

CURVA DORSAL		
	Sedentarias	Activas
Rectificación: $< 20^\circ$	2,2%	1,2%
Normal: 20° - 45°	46,7%	51,2%
Hipercifosis: $> 45^\circ$	51,1%	47,6%
CURVA LUMBAR		
	Sedentarias	Activas
Rectificación: $< 20^\circ$	0%	1,2%
Normal: 20° - 40°	71,1%	67,9%
Hiperlordosis: $> 40^\circ$	28,9%	30,9%

Tabla 3. Distribución de los casos según los valores de la curva dorsal y lumbar en disposición dedos-suelo

CURVA DORSAL		
	Sedentarias	Activa
Normal: $< 51^\circ$	33,3%	30,9%
Leve: 52° - 63°	31,1%	44,1%
Moderada: $> 63^\circ$	35,6%	25,0%
CURVA LUMBAR		
	Sedentarias	Activas
Normal: $< 22^\circ$	73,3%	66,6%
Leve: 22° - 29°	20,0%	14,3%
Moderada: $> 29^\circ$	6,7%	19,1%

Tabla 4. Distribución de los casos según los valores de la curva dorsal y lumbar en sedentación asténica

CURVA DORSAL		
	Sedentarias	Activa
Normal: $< 41^\circ$	26,7%	41,7%
Leve: 41° - 53°	53,3%	32,1%
Moderada: $> 53^\circ$	20,0%	26,2%
CURVA LUMBAR		
	Sedentarias	Activas
Normal: $< 14^\circ$	95,6%	94,0%
Leve: 14° - 21°	2,2%	4,8%
Moderada: $> 21^\circ$	2,2%	1,2%

($r = 0,48$ - $0,49$, $p < 0,01$). Entre la extensibilidad isquiosural (EPR) y la disposición del raquis dorsal en flexión del tronco existe una débil correlación negativa ($r = -0,27$ - $-0,43$, $p < 0,01$).

Discusión

Las mujeres postmenopáusicas pueden beneficiarse con el ejercicio físico, atenuando los efectos de los cambios fisiológicos que se asocian a la menopausia y previniendo los cambios patológicos (Villaverde et al., 2004). No obstante, no conocemos estudios que analicen el efecto de programas de ejercicio físico

ofertados por instituciones públicas, sobre el perfil sagital del raquis de personas adultas y mayores.

Por ello, el presente estudio valora la disposición del raquis y la extensibilidad isquiosural entre mujeres postmenopáusicas que participan en programas de ejercicio físico, respecto a mujeres sedentarias. Para la valoración de la disposición del raquis se ha utilizado un inclinómetro por aportar una medida no invasiva, reproducible y válida, con buena correlación con la medición radiográfica (Saur, Ensink, Frese, Seeger & Hildebrandt, 1996; Ng, Kippers, Richardson & Parnianpour, 2001).

Tabla 5. Valores angulares del test de elevación de pierna recta en mujeres activas y sedentarias para cada pierna

Grupo	EPR izquierdo	EPR derecho
Activas	83,96 (13,91°)	82,10° (14,73°)
Sedentarias	80,64° (16,13°)	79,67° (13,69°)

Tabla 6. Distribución porcentual de los casos según las referencias de normalidad de la extensibilidad isquiosural valorada mediante el test de elevación de pierna recta

REFERENCIAS	PIERNA DERECHA		PIERNA IZQUIERDA	
	ACT	SED	ACT	SED
Normal: $\geq 75^\circ$	68,4%	66,7%	73,4%	64,5%
Grado I: $74^\circ-61^\circ$	25,3%	26,7%	24,0%	28,8%
Grado II: $\leq 60^\circ$	6,3%	6,6%	2,6%	6,7%

ACT: activas; SED: sedentarias.

La cifosis dorsal en bipedestación en mujeres postmenopáusicas ha sido ampliamente evaluada por diferentes estudios. Cortet, Houvenagel, Pusieux, Roches, Garnier y Delcambre (1999) usando un curviscopio encontraron una cifosis dorsal de $63^\circ \pm 11^\circ$ en mujeres postmenopáusicas con osteoporosis y de $52^\circ \pm 11^\circ$ en mujeres sin osteoporosis. La lordosis lumbar en ambos grupos fue de 32° . Mika, Unnithan y Mika (2005) en 189 mujeres entre 50 y 80 años de edad, encontraron un cifosis dorsal, evaluada mediante un goniómetro "Medicino", entre $50,03^\circ$ y $53,70^\circ$ en grupos con osteoporosis, osteopenia y con densidad mineral ósea normal. Estos valores superan el rango de normalidad para la cifosis dorsal en bipedestación ($20-45^\circ$).

Eagan y Sedlock (2001) evaluaron la cifosis dorsal en bipedestación relajada con el cifómetro de Debreuner a 61 mujeres postmenopáusicas entre 60 y 78 años de edad. Las mujeres sedentarias

presentaban una cifosis de $55,8^\circ \pm 6,8^\circ$, mientras las mujeres activas presentaban una cifosis de $51,9^\circ \pm 8,9^\circ$ ($p > 0,05$). En el presente estudio, las mujeres activas presentan también una cifosis ligeramente inferior a las sedentarias, no existiendo igualmente diferencias significativas. No obstante el valor angular de la cifosis está en torno al límite establecido como curva normal para la bipedestación (45°).

Además del estudio de la bipedestación, es preciso analizar la disposición del raquis en sedentación y flexión del tronco, al ser posturas muy frecuentes en sus actividades cotidianas. Además, algunos estudios (Gajdosik, Albert & Mitman, 1994; Santonja, Ferrer y Martínez, 1995) establecen que una extensibilidad isquiosural reducida no genera modificaciones de la disposición del raquis en bipedestación, pero sí produce una restricción de la flexión de la pelvis y, consecuentemente, del tronco con las rodillas

extendidas al realizar la flexión del tronco. En nuestro estudio, no se observan diferencias significativas en los valores angulares de la curva dorsal y lumbar en sedentación ni en flexión máxima del tronco entre ambos grupos. Un programa de ejercicio físico en mujeres postmenopáusicas debería prevenir la tendencia al aumento de cifosis dorsal que se observa en mujeres postmenopáusicas.

Una mayor flexión intervertebral se asocia a repercusiones raquídeas en las estructuras discales, óseas y ligamentosas (Callaghan & McGill, 2001b; Solomonow, Zhou, Baratta, Zhu & Lu, 2002). Las posturas cifóticas aumentan la compresión raquídea (Adams & Dolan, 1995; Callaghan & McGill, 2001a), el estrés de cizalla anterior (McGill, Hughson & Parks, 2000) y la presión intradiscal (Nachemson, 1976; Sato, Kikuchi & Yonezawa, 1999; Wilke et al., 2001; Polga et al., 2004). Cuanto más acusada sea la cifosis dorsal en mujeres postmenopáusicas, en cualquiera de las posiciones evaluadas, mayor es el riesgo de fractura vertebral, especialmente en la región torácica media (T_6-T_8) y la transición toracolombar ($T_{12}-L_1$) (Haczynski & Jakimiuk, 2001). Sin embargo, los resultados del presente estudio muestran que los programas de ejercicio físico que realizan las mujeres activas, si bien pueden generar diversos beneficios sobre la salud, no suponen una mejor disposición raquídea en ninguna de las posturas evaluadas respecto al grupo de sedentarias.

En niños y adolescentes se ha podido comprobar que un trabajo de concienciación raquídea, estiramiento isquiosural con raquis alineado y fortalecimiento del

Tabla 7. Coeficiente de correlación de Pearson entre las variables medidas para el grupo ACT y el grupo SED (valores en negrita)

Variable	Dor Bip	Lum Bip	Dor DDS	Lum DDS	Dor Sed	Lum Sed	EPR izq	EPR drc
Dor Bip	-	0,51 [†]	0,48 [†]	-0,21	0,63 [†]	-0,26*	-0,02	-0,01
Lum Bip	0,36*	-	0,35 [†]	-0,38 [†]	0,28 [†]	-0,35 [†]	0,04	0,00
Dor DDS	0,49 [†]	-0,03	-	-0,11	0,38 [†]	-0,12	-0,32 [†]	-0,27*
Lum DDS	-0,38 [†]	-0,16	-0,29*	-	-0,27*	0,58 [†]	0,05	0,09
Dor Sed	0,75 [†]	0,26	0,48 [†]	-0,42 [†]	-	-0,12	-0,09	-0,06
Lum Sed	-0,18	-0,30*	0,02	0,55 [†]	-0,30*	-	0,12	0,10
EPR izq	-0,05	-0,06	-0,41 [†]	0,20	-0,14	0,05	-	-0,91 [†]
EPR drc	-0,16	-0,11	-0,43 [†]	0,33*	-0,24	0,05	0,90 [†]	-

Dor: dorsal; Lum: lumbar; Bip: bipedestación; DDS: test dedos-suelo; Sed: sedentación asténica; EPR: test de elevación de pierna recta; izq: izquierda; drc: derecha. * $\leq 0,05$; [†] $p \leq 0,01$.

tronco realizado en las clases de Educación Física (2 clases, 17 minutos en cada una de ellas), produce mejoras muy evidentes en el morfotipo raquídeo en flexión del tronco y sedentación (Rodríguez, 1998; Sainz de Baranda, 2002).

Con relación a la extensibilidad isquiosural, en el presente estudio no se han encontrado diferencias entre ambos grupos, probablemente debido a que no se realiza un trabajo específico de concienciación raquídea ni estiramientos de la musculatura isquiosural con raquis alineado. En mujeres mayores, Jones, Rikli, Max y Noffal (1998) obtienen un valor EPR de $91,29^{\circ} \pm 12,04^{\circ}$, y Lemmink, Kemper, de Greef, Rispen y Stevens (2003) de $93,80^{\circ} \pm 10,40^{\circ}$. Estos valores son en torno a 10 grados más elevados que los aportados por el presente estudio, quizás debido a que en la valoración de la extensibilidad isquiosural no usan sistema alguno de fijación pélvica, y utilizan como único criterio para determinar el ángulo, la sensación de dolor en el hueso poplíteo.

Los valores de correlación entre el EPR y la cifosis dorsal en el DDS indican que una mayor extensibilidad isquiosural se correlaciona, aunque débilmente e inversamente, con una menor cifosis dorsal. Gajdosik et al. (1994), así como Tully y Stillman (1997) encontraron que una mayor extensibilidad isquiosural está asociada a una mayor flexión lumbar y menor flexión dorsal al realizar un DDS. No obstante, el estudio de Gajdosik et al.

(1994) valora adultos jóvenes y utiliza unas referencias en el EPR que establecen el límite de normalidad en 85° , mientras que el límite entre cortedad grado I y II en 65° . Esola, McClure, Fitzgerald y Siegler (1996) indican que una mayor extensibilidad isquiosural facilitaría mayor contribución coxofemoral en el movimiento de flexión del tronco y, por tanto, menor inversión lumbar. Otros autores consideran este hecho como el resultado de un bloqueo coxofemoral, que deriva en una mala utilización del ritmo lumbopélvico, produciendo una mayor flexión raquídea (Fisk & Baigent, 1981; Stokes & Aberly, 1980). Según Santonja y Martínez (1992) las personas con cortedad isquiosural, de grado I o II, al intentar alcanzar los pies adoptan una inversión lumbar y una hiper cifosis dorsal. Los datos del presente estudio permiten apoyar estas afirmaciones en cuanto a la cifosis dorsal, si bien no se ha encontrado una correlación entre el valor EPR y la curva lumbar en el DDS.

En base a los resultados de esta investigación, es necesario que programas de ejercicio físico en mujeres mayores incluyan ejercicios de extensibilidad isquiosural con raquis alineado, así como un trabajo de concienciación de la pelvis y el raquis, con objeto de que las mujeres consigan un mayor control sobre su columna vertebral a la hora de realizar movimientos de flexión del tronco y permanecer sentadas. Estos programas deberían

acompañarse de ejercicios para la mejora de la resistencia muscular del tronco, ya que diversos estudios han mostrado que un aumento de la fuerza extensora del raquis en mujeres postmenopáusicas reduce la cifosis dorsal en bipedestación (Sinaki, Itoi, Rogers, Bergstrahl & Wahner, 1996; Itoi & Sinaki, 1994).

Conclusiones

No se encontraron diferencias significativas en la disposición sagital del raquis dorsal y lumbar en bipedestación, sedentación asténica, flexión máxima del tronco, ni en la extensibilidad isquiosural, entre el grupo de mujeres postmenopáusicas que realizan ejercicio físico y el grupo de sedentarias, posiblemente porque en los programas de ejercicio físico no se realizan actividades específicas de higiene postural.

Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto de investigación "Valoración de un programa de ejercicio físico para la mejora de la DMO, la disposición sagital de la columna vertebral y la prevención de caídas en personas mayores" (PRSAN/06/FN/03) financiado por la Dirección General de Ordenación y Acreditación Sanitaria de la Consejería de Sanidad y Consumo, a través de la Fundación Séneca, Centro de Coordinación de la Investigación. Región de Murcia.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Adams, M. A. & Dolan, P. (1995). Recent advances in lumbar spinal mechanics and their clinical significance. *Clinical Biomechanics*, 10, 3-19.
- (2) American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance. (1984). *Technical manual for the health related physical fitness test*. Reston, VA: Author.
- (3) Bado, J. L. (1977). *Dorso Curvo*. Montevideo: Articolor.
- (4) Baker, B. E. (1984). Current concepts in the diagnosis and treatment of musculotendinous injuries. *Medicine Science in Sport and Exercise*, 16, 323-327.
- (5) Biering-Sorensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicator for low-back trouble over a one year period. *Spine*, 9, 106-119.
- (6) Black, D. M., Palermo, L., Nevitt, M. C., Genant, H. K., Chistensen, L. & Cummings, S. R. (1999). Defining incident vertebral deformity: A prospective comparison of several approaches. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14, 90-101.
- (7) Cabry, J. & Shiple, B. J. (2000). Increasing hamstring flexibility decreases hamstring injuries in high school athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 10(4), 311-312.
- (8) Cailliet, R. (1988). *Low back pain syndrome*. Philadelphia: F. A. Davis.
- (9) Callaghan, J. P. & McGill, S. M. (2001a). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44, 280-294.
- (10) Callaghan, J. P. & McGill, S. M. (2001b). Intervertebral disk herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clinical Biomechanics*, 16, 28-37.

- (11) Cockerill, W., Ismail, A. A., Cooper, C., Matthis, C., Raspe, H., Silman, A. J. et al. (2000). Does location of vertebral deformity within the spine influence back pain and disability? *Annals of rheumatic diseases*, 59, 368-371.
- (12) Cooper, C., Oneil, T. & Silman, A. J. (1993). The epidemiology of vertebral fractures. *Bone*, 14, S87-S97.
- (13) Cortet, B., Houvenagel, E., Pusieux, F., Roches, E., Garnier, P. & Delcambre, B. (1999). Spinal curvatures and quality of life in women with vertebral fractures secondary to osteoporosis. *Spine*, 24, 1921-1925.
- (14) 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, 199-203.
- (15) Culham, E. G., Jiménez, H. A. & King, C. E. (1994). Thoracic kyphosis, rib mobility, and lung volumes in normal women and women with osteoporosis. *Spine*, 19, 1250-1255.
- (16) De Smet, A. A., Robinson, R. G., Johnson, B. E. & Lukert, B. P. (1988). Spinal compression fractures in osteoporotic women: patterns and relationship to hyperkyphosis. *Radiology*, 166, 497-500.
- (17) Eagan, M. S. & Sedlock, D. A. (2001). Kyphosis in active and sedentary postmenopausal women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33, 688-695.
- (18) Ensrud, K. E., Black, D. M., Harris, F., Ettinger, B. & Cummings, S. R. (1997). Correlates of kyphosis in older women. The Fracture Intervention Trial Research Group. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46, 682-687.
- (19) Ensrud, K. E., Thompson, D. E., Cauley, J. A., Nevitt, M. C., Kado, D. M., Hochberg, M. C. et al. (2000). Prevalent vertebral deformities predict mortality and hospitalization in older women with low bone mass. Fracture Intervention Trial Research Group. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48, 241-249.
- (20) Ernst, E. (1998). Exercise for females osteoporosis. A systematic review of randomised clinical trials. *Sports Medicine*, 25, 359-368.
- (21) 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, 71-78.
- (22) Ettinger, B., Black, D. M., Palermo, L., Nevitt, M. C., Melnikoff, S. & Cummings, S. R. (1994). Kyphosis in older women and its relation to back pain, disability and osteopenia: the study of osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*, 4, 55-60.
- (23) Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiósural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina, Universidad de Murcia, Murcia.
- (24) Fisk, J. W. & Baigent, M. L. (1981). Hamstring Tightness and Scheuermann's Disease. A pilot study. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 60, 122-125.
- (25) Fisk, J. W., Baigent, M. L. & Hill, P. D. (1984). Scheuermann's disease. Clinical and radiological survey of 17 and 18 years old. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 63, 18-30.
- (26) 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, 213-219.
- (27) Garret, W. E., Calift, J. C. & Basset, F. H. (1984). Histochemical correlates of hamstrings injuries. *American Journal of Sport Medicine*, 12, 98-103.
- (28) Gedalia, U., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., Lu, Y. & Harris, M. (1999). Biomechanics of increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: part 2. Recovery of reflexive muscular stability with rest. *Spine*, 24, 2462-2472.
- (29) Haczynski, J. & Jakimiuk, A. J. (2001). Vertebral fractures: a hidden problem of osteoporosis. *Medical Science Monitor*, 7, 1108-1117.
- (30) Harvey J. & Tanner, S. (1991). Low back pain in young athletes: A practical approach. *Sport Medicine*, 12, 394-406.
- (31) Hollingworth, P. (1996). Back pain in children. *British Journal of Rheumatology*, 35, 1022-1028.
- (32) Hyytiäinen, K., Salminen, J. 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, 3-10.
- (33) Itoi, E. & Sinaki, M. (1994). Effect of back-strengthening exercise on posture in healthy women 49 to 65 years of age. *Mayo Clinic Proceedings*, 69, 1054-1059.
- (34) Jones, C. J., Rikli, R. E., Max, J. & Noffal, G. (1998). The reliability and validity of a chair sit-and-reach test as a measure of hamstring flexibility in older adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63, 338-343.
- (35) Kado, D. M., Huang, M. H., Barret-Connor, E. & Greendale, G. A. (2005). Hyperkyphotic posture and poor physical functional ability in older community-dwelling men and women: the Rancho Bernardo study. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60, 633-637.
- (36) Kado, D. M., Huang, M. H., Karlamangla, A. S., Barret-Connor, E. & Greendale, G. A. (2004). Hyperkyphotic posture predicts mortality in older community-dwelling men and women: a prospective study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52, 1662-1667.
- (37) Krämer, J. (1989). Síndrome Lumbar. En *Patología del disco intervertebral* (pp. 121-262). Barcelona: Doyma.
- (38) Lemmink, K. A. P. M., Kemper, H. C. G., de Greef, M. H. G., Rispen, P. & Stevens, M. (2003). The validity of the sit-and-reach test and the modified sit-and-reach test in middle-aged to older men and women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74, 331-336.
- (39) Lindsey, D. P., Kim, M. J., Hannibal, M. & Alamin, T. F. (1995). The monotonic and fatigue properties of osteoporotic thoracic vertebral bodies. *Spine*, 30, 645-649.
- (40) Madson, T. J., Youdas, J. W. & Suman, V. J. (1999). Reproducibility of lumbar spine range of motion measurements using the back range of motion device. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 29, 470-477.
- (41) McGill, S. M. (1997). The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, 30, 465-475.
- (42) McGill, S. M. (2002). *Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.
- (43) McGill, S. M.; Hughson, R. L. & Parks, K. (2000). Changes in

- lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles. *Clinical Biomechanics*, 15, 777-80.
- (44) Melton, J. L. (1997). Epidemiology of spinal osteoporosis. *Spine*, 22, S2-S11.
- (45) Mierau, D., Cassidy, J. D. & Yong-Hing, K. (1989). Low-back pain and straight in children and adolescents. *Spine*, 14, 526-528.
- (46) Mika, A., Unnithan, V. B. & Mika, P. (2005). Differences in thoracic kyphosis and in back muscle strength in women with bone loss due to osteoporosis. *Spine*, 30, 241-246.
- (47) Miyakoshi, N., Itoi, E., Kobayashi, M. & Kodama, H. (2003). Impact of postural deformities and spinal mobility on quality of life in postmenopausal osteoporosis. *Osteoporosis International*, 14, 1007-1012.
- (48) Nachemson, A. (1976). The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clinical Orthopaedic*, 45, 107-112.
- (49) Ng, J. K., Kippers, V., Richardson, C. A. & Parnianpour, M. (2001). Range of motion and lordosis of the lumbar spine: reliability of measurement and normative values. *Spine*, 26, 53-60.
- (50) 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. Facultad de Medicina, Universidad de Murcia, Murcia.
- (51) Polga, D. J., Beaubien, B. P., Kallemeier, P. M., Schellhas, K. P., Lew, W. D., Buttermann, G. R. et al. (2004). Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29, 1320-1324.
- (52) Pope, M. H., Bevins, T., Wilder, D. G. & Frymoyer, J. V. (1985). The relationship between anthropometric, postural, muscular and mobility characteristics of males ages 18-55. *Spine*, 10, 644-648.
- (53) Revel, M., Mayoux-Benhamou, M. A., Roubin, J. P., Bagheri, F. & Roux, C. (1993). One year psoas training can prevent lumbar bone loss in postmenopausal women: a randomised controlled trial. *Calcified Tissue International*, 53, 307-311.
- (54) Rodríguez, P. L. (1998). *Educación Física y salud del escolar: Programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada, Granada.
- (55) Ross, P. D., Dais, J. W., Epstein, R. S. & Wasnich, R. D. (1994). Pain and disability associated with new vertebral fractures and other disability conditions. *Journal of Clinical Epidemiology*, 47, 231-239.
- (56) Sainz de Baranda, P. (2002). *Educación Física y Actividad Extraescolar: programa para la mejora del raquis en el plano sagital y la extensibilidad isquiosural en Primaria*. Tesis doctoral. Facultad de Medicina, Universidad de Murcia, Murcia.
- (57) Santonja, F. (1996). Las desviaciones sagitales del raquis y su relación con la práctica deportiva. En: V. Ferrer, L. Martínez & F. Santonja (Coords.). *Escolar: Medicina y Deporte* (pp. 251-268). Albacete: Diputación Provincial de Albacete.
- (58) Santonja, F. & Martínez, I. (1992). Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En F. Santonja & I. Martínez (Eds), *Valoración médico-deportiva del escolar* (pp. 245-258). Murcia: Universidad de Murcia.
- (59) Santonja, F., Ferrer, V. & Martínez, I. (1995). Exploración radiográfica ante la cortedad isquiosural. *Selección*, 4(3), 137-145.
- (60) Santonja, F., Pastor, A. & Garcés, G. L. (1995). Marcada cortedad isquiosural y espondilolistesis. En *Abstracts del VIII Congreso Europeo de Medicina del Deporte* (p. 227). Granada: Universidad de Granada.
- (61) Sato, K., Kikuchi, S. & Yonezawa, K. (1999). In vivo intradiscal pressure measurements in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24, 2468-2478.
- (62) Saur, P. M., Ensink, F. M., Frese, K., Seeger, D. & Hildebrandt, J. (1996). Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine*, 21, 1332-1338.
- (63) Schneider, D. L., Von Muhlen, D., Barrett-Connor, E. & Sartoris, D. J. (2004). Kyphosis does not equal vertebral fractures: the Rancho Bernardo study. *Journal of Rheumatology*, 31, 747-752.
- (64) Sinaki, M., Itoi, E., Rogers, J. W., Bergstralh, E. J. & Wahner H. M. (1996). Correlation of back extensor strength with thoracic kyphosis and lumbar lordosis in estrogen-deficient women. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 75, 370-374.
- (65) Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V., Zhu, M. & Lu, Y. (2000). Neuromuscular disorders associated with static lumbar flexion: a feline model. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12, 81-90.
- (66) Somhegyi, A. & Ratko, I. (1993). Hamstring tightness and Scheuermann's Disease. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 72, 44.
- (67) Standaert, C. J. & Herring, S. A. (2000). Spondylolysis: A critical review. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 415-422.
- (68) Stokes, I. A. F. & Abery, J. M. (1980). Influence of the hamstring muscles on lumbar spine curvature in sitting. *Spine*, 5, 525-528.
- (69) Takata, K. & Takahashi, K. (1994). Hamstring tightness and sciatica in young patients with disc herniation. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 76, 220-224.
- (70) Tully, E.A. & Stillman, B. C. (1997). Computer-aided video analysis of vertebrofemoral motion during toe touching in healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78, 759-766.
- (71) Villaverde, C., Roa, J. M., Araujo, E., Cruz, F., Ruiz, G. & Ramírez, J. (2004). Ejercicio físico, densidad mineral ósea y calidad de vida en mujeres menopáusicas. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 1, 21-24.
- (72) Wherenberg, W. B. & Costello, M. (1993). Clinical evaluation of the backmate lower lumbar rehabilitation system. Results of a preliminary study. *The Journal of Orthopaedic and Sport Physical Therapy*, 17, 185-190.
- (73) 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, 755-762.
- (74) 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.
- (75) Yingling, V. R. & McGill, S. M. (1999). Anterior shear of spinal motion segments. Kinematics, kinetics, and resultant injuries observed in a porcine model. *Spine*, 24, 1882-1889.