Estudio electromiográfico, histoquímico y morfométrico de la musculatura paravertebral en escoliosis idiopática

IZQUIERDO NÚÑEZ, E.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años, han ido apareciendo publicaciones sobre la posible causa de la escoliosis idiopática, como consecuencia de alteraciones neuromusculares de la musculatura paravertebral.

Hay estudios electromiográficos que han demostrado un aumento de la actividad mioeléctrica de la musculatura paravertebral en el ápex de la convexidad de la curva y una falta de actividad mioeléctrica en el lado cóncavo a nivel del ápex (Lefebvre y cols.⁴⁷, Zuck y cols.¹¹⁷, Redfrod y cols.⁷⁰, Zetterberg y cols.¹¹⁶, Schultz y cols.⁷⁶, Reuber y cols.⁷¹, Donovan y cols.²⁵, Trontelj y cols.⁹¹).

Estudios histoquímicos y morfométricos de fibras musculares en los músculos paravertebrales a nivel del ápex de la curva escoliótica, han encontrado distintos tipos de alteraciones: agrupamiento de fibras, contenido alto de mitocondrias y glucógeno, aumento del tejido conectivo, redondeamiento y variabilidad en la forma, vacuolas, cuerpos tubulares (Yaron y Robin,^{109,110,111,112,113} Sahgal y cols.⁷²).

Aumento de fibras tipo I en el lado de la convexidad de la curva en relación a la concavidad, así como atrofia de fibras tipo I en el lado de la concavidad (Yaron y Robin^{110,111,112}), o atrofia de fibras tipo II en el lado de la concavidad de la curva escoliótica (Sahgal y cols.⁷²).

Estas alteraciones histopatológicas podían ser uno de los factores etiopatogénicos de la escoliosis idiopática según unos autores (Yaron y Robin,^{110,111,113} Sahgal y cols.⁷², Ovalle y Tredwell⁵⁹, Jean Chen Chiu y cols.⁴¹, Bylund y cols.¹⁷), mientras que otros autores (Zetterberg y cols.¹¹⁷, Ford y cols.^{28,29}, Hsu y cols.³⁹, Gibson y cols.³⁰) opinan que estas alteraciones histopatológicas eran consecuencia de una adaptación de las fibras musculares a la curva escoliótica.

El objetivo de este trabajo ha sido estudiar la musculatura paravertebral a nivel del ápex de la curva de enfermos que presentan escoliosis idiopática desde el punto de vista electromiográfico, e histoquímico y morfométrico, y valorar si pudiera existir alguna interrelación entre los hallazgos electromiográficos e histoquímicos y morfométricos.

MATERIAL Y MÉTODO

MATERIAL PARA EL ESTUDIO ELECTROMIOGRÁFICO

Consta de 24 enfermos. Se registró la actividad electromiográfica de la musculatura paravertebral torácica y lumbar en los músculos longísimo y multifido del ápex de sendas curvas de la convexidad y concavidad en las posiciones de decúbito y bipedestación y en actitudes de reposo y contra resistencia.

Las mediciones de las curvas que presentan esto 24 enfermos eran las siguientes:

Tipo de curva	N.º enfermos	Edad	Curva torácica	Curva lumbar
King I	4	15	54.7°	69.7°
King II	13	16	58.1°	37.2°
King III	1	15	43.0°	14.0°
King V	1	18	84.0°	98.0°
Lumbar	5	17	32.6°	47.8°

En 17 enfermos se practicó una 2ª electromiografía en el músculo longísimo a los 6 meses del post-operatorio. No se practicó la electromiografía del músculo multifido para no contactar la aguja del electrodo con la instrumentación y evitar riesgo de infección. Las curvas según la clasificación de King fueron:

King I:	4
King II:	7
King III:	1
King V:	1
Lumbar:	4

Las mediciones de las correcciones post-operatorias obtenidas en estas curvas fueron las siguientes:

Curva King I: (4). Edad media 15 años.

Curva	Pre-operat.	Post-operat.	% Corrección
Torácica	54.7°	23.2°	57.5
Lumbar	69.7°	26.7°	61.7

En dos casos se instrumentó la curva lumbar con técnica de Zielke por vía anterior, y en un segundo tiempo con instrumentación Cotrel-Dubousset por vía posterior la curva torácica y lumbar.

Tipo King II: (7). Edad: 16 años y 3 meses

Curva	Pre-operat.	Post-operat.	% Corrección
Torácica	58.14°	24.79°	57.37
Lumbar	37.21°	19.93°	46.44

La curva instrumentada fue la curva torácica con técnica Cotrel-Dubousset, siendo la corrección de la curva lumbar espontánea.

Curva King III: (1). Edad: 15 años

Curva	Pre-operat.	Post-operat.	% Corrección
Torácica	43°	4°	90.69
Lumbar	14°	0°	100.00

Solo se instrumentó la curva torácica con la técnica Cotrel-Dubousset. La curva lumbar prácticamente inexistente corrigió un 100% espontáneamente.

Tipo King V: (1). Edad: 18 años

Curva	Pre-operat.	Post-operat.	% Corrección
Torácica	84°	48°	42.85
Lumbar	98°	50°	48.97

Se practicó fusión anterior de la curva toraco-lumbar y en un 2° tiempo se fusionarán ambas curvas por vía posterior e instrumentación Cotrel-Dubousset.

Curva Lumbar: (4). Edad: 17 años y 2 meses

Curva	Pre-operat.	Post-operat.	% Corrección
Torácica	32.6°	15.4°	52.76
Lumbar	47.8°	7.6°	84.10

Se intervino la curva lumbar con instrumentación de Zielke, siendo la corrección de la curva torácica espontánea.

MATERIAL PARA EL ESTUDIO HISTOQUÍMICO Y MORFOMÉTRICO

Ha constado de biopsias de músculos paravertebrales longísimo y multifido de ambos lados de la curva, y glúteo del lado derecho en 15 enfermos que presentaban escoliosis idiopática torácica de convexidad derecha y lumbar izquierda, siendo en 13 casos la curva tipo King II, en 1 caso tipo King I y en 1 caso tipo King III.

Los 15 enfermos estudiados correspondieron a 10 mujeres y 5 varones, con una edad máxima de 29 años y mínima de 12, con una media de 16,4 años. La medición de la curva torácica era de 68° con un máximo de 135° y mínimo de 43°.

Estudio histoquímico y morfométrico en 15 de estos 24 enfermos de músculos longísimo y multifido a nivel

del ápex de la curva escoliótica en la convexidad y concavidad de la curva torácica.

Tipo de curva	N.º enfermos	Edad	Curva torácica	Curva lumbar
King I	1	12	74.0°	80.0°
King II	13	18	71.6°	40.7°
King III	1	15	43.0°	14.0°

MÉTODO Y TÉCNICA

OBTENCIÓN DE LOS REGISTROS ELECTROMIOGRÁFICOS

La relación de este apartado la dividiremos, debido a su complejidad, en diferentes puntos:

- Electromiógrafo.
- Electrodos.
- Proceso de registro.
- Músculos explorados y posiciones.

a) Electromiógrafo

Fue utilizado para el estudio de la actividad muscular un aparato Medelec con capacidad de muestra de 2 canales con módulos totalmente intercambiables, un ancho rango de aplicaciones con un sistema de registro de papel revelado a la luz y vista y registro simultáneo.

Utiliza el aparato Medelec un amplificador principal AA - GMK. II - B para amplificar señales biológicas procedentes del paciente a través de los electrodos.

El pre-amplificador está conectado al amplificador principal por un cable flexible muy corto e incorpora las conexiones para los electrodos al paciente evitando interferencias.

Se ha tenido siempre en cuenta de poner la misma calibración en ambos canales para que los registros de las unidades motoras y de los potenciales voluntarios a ambos lados de la curva respondan a los mismos parámetros. La visualización se realiza sobre el osciloscopio del electromiógrafo y posteriormente se pasaba a registrar un papel fotográfico para una posterior medición. Incorpora un amplificador de audio con selector de señal para vigilancia aural usando un altavoz externo.

b) Electrodos

La actividad eléctrica muscular fue captada por electrodos de aguja autoclavables. Consiste en un cable de platino/iridium localizado dentro de una cánula de acero inoxidable y embutido en araldite.

La conexión entre la aguja y el cable asegura una rápida conexión eléctrica libre de fallos y los conectores de oro plateado aseguran un buen contacto.

La punta del electrodo tiene un ángulo de 15°. El área de la punta es de 0,07 mm.²

c) Proceso de registro

El desarrollo de una alta frecuencia y alta definición en el sistema de registro hacen posible obtener un trazado de registro directo sobre papel Linagraph, por el uso de un tubo catódico de fibra de vidrio.

El papel es sensible a los rayos ultravioleta en contacto con la película bajo la fibra de vidrio.

d) Músculos explorados y posiciones:

Se obtuvieron los registros de los siguientes músculos:

Longísimo de la convexidad de la curva torácica.
Longísimo de la concavidad de la curva torácica.
Longísimo de la convexidad de la curva lumbar.
Longísimo de la concavidad de la curva lumbar.
Multífido de la convexidad de la curva torácica.
Multífido de la concavidad de la curva torácica.
Multífido de la convexidad de la curva lumbar.
Multífido de la concavidad de la curva lumbar.

Cada músculo fue explorado independientemente en:

a) *Reposo*. Con el sujeto en decúbito prono con los miembros superiores a lo largo del tronco y bien relajado para descartar potenciales extraños o patológicos a la exploración.

b) *Decúbito prono contra resistencia*. El sujeto realizaba un ejercicio de hiperextensión contra la resistencia que le oponía el explorador con la palma de la mano situado a nivel de las espinosas C7-T1.

c) *Bipedestación y descalzo con el sujeto en reposo*.

d) *En bipedestación y descalzo contra resistencia*. El sujeto realizaba un ejercicio de hiperextensión contra la resistencia que le oponía el explorador con la palma de la mano situada a nivel de las espinosas de C₇-T₁.

Todos los registros se fijaron en un mapa anatómico donde se dibujaba la curva y se señalaba el nivel y localización del músculo explorado. Los electrodos se situaron en el vientre muscular de cada uno de los músculos. El músculo multífido se pinchó a nivel de ambas partes del ápex de la curva torácica y lumbar a 3 centímetros de la apófisis espinosa y dirigiendo el electrodo profundamente y en dirección oblicua hacia medial hasta contactar con la unión de la espinosa con la lámina. El músculo longísimo se pinchó a nivel de ambas partes del ápex de la curva torácica y lumbar a unos 6 centímetros de la apófisis espinosa y dirigiendo en profundidad el electrodo a unos 4 centímetros.

Una vez colocado el electrodo en el vientre muscular deseado se incitó al sujeto a realizar movimientos de hiperextensión de columna observando el registro por Scopia, a la vez que mediante el sonido nos guiábamos de la situación de la placa motora de fácil localización por su característico golpeteo, comparado a una pieza de ametralladora con un ruido corto, alternante y seco que se modifica en intensidad y frecuencia cuando el enfermo procede a aumentar la función muscular que se explora.

Así pues y sólo cuando existía la certeza de tener localizado el músculo y un grupo de placas motoras en condiciones perfectas se procedía a someter al sujeto a la exploración experimental en decúbito y bipedestación y en estas dos posiciones en reposo y contra resistencia. El estudio no pudo ser completo al sufrir algunos enfermos dolor y mareo al no soportar la aguja del electrodo.

El ejercicio contra resistencia siempre se palicaba por el mismo explorador y situando la mano sobre las espinosas C₇ T₁ y el enfermo empujaba en un movimiento de hiperextensión de columna contra dicha mano.

Los registros electromiográficos obtenidos se clasificaron siguiendo la clasificación de Buchthal y Clemensen, tal y como expusieron en su trabajo «On the differentiation of muscle atrophy by electromyography», en 1941.

Según estos autores, la contracción muscular registrada en el electromiógrafo puede ser:

a) *Contracción nula*. Correspondiente a aquellos registros que no presentan alteración en la línea de base. Se le dio valor 0.

b) *Contracción débil*. La que aparece en aquellos trazados que presentan alteraciones de la línea base, muy específicas individualizadas y fácilmente reconciliables. Se le dio valor 1.

c) *Contracción moderada*. En la que el trazado se ve enriquecido por nuevas unidades motoras, que frecuentemente se superponen, existiendo por lo general, una mayor amplitud del registro. Se le dio valor 2.

d) *Contracción fuerte*. En la que ya aparece una pérdida de la línea base del registro que nos permite diferenciar las distintas unidades motoras y que normalmente se ve acompañada de un ritmo interferencial. Se le dieron valores 3-4 según la intensidad.

Obtención de los músculos para el estudio histoquímico y morfométrico.

Durante la intervención quirúrgica por vía posterior, se obtuvieron muestras de músculos multífido y longísimo a ambos lados del ápex de la curva torácica y del músculo glúteo mayor del lado de la convexidad de la curva torácica aprovechando en este caso que era el sitio para extraer injerto de la cresta ilíaca.

Los músculos se etiquetaron en 5 recipientes y se enviaron con la mayor urgencia posible al departamento de ANATOMIA PATOLÓGICA DEL HOSPITAL 1º DE OCTUBRE, desde el HOSPITAL CENTRAL DE LA CRUZ ROJA. Envueltos en una gasa húmeda de suero fisiológico. Nunca transcurrió más de una hora en este traslado para evitar que se deteriorasen las muestras.

Cada músculo fué colocado por separado en una platina y congelado en isopentano previamente enfriado en nitrógeno líquido. Posteriormente se realizaron cortes transversales de 8 micras de grosor por medio de un criostato sobre las que se llevaron a cabo las siguientes

técnicas histológicas e histoquímicas: Hematoxilina-eosina, PAS, Sudan Rojo, ATPasa preincubada a PH 9,4, 4,6 y 4,3, DPNH y SDH (figuras 1 y 2).

El estudio morfométrico se realizó sobre cortes teñidos con ATPasa por medio de un Analizador de Imágenes semiautomático KONTRON, MOP Videoplan. Se efectuó un recuento de al menos 250 fibras por cada músculo.

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS ELECTROMIOGRÁFICOS

Los resultados electromiográficos obtenidos en cada uno de los músculos estudiados en las distintas posiciones y actitudes y partiendo de la ya clásica clasificación de Buchtal y Clemensen, se han clasificado en los cuatro grados ya conocidos de contracción muscular.

A los trazados electromiográficos nulos se les dió el valor 0, a los débiles el valor 1, a los moderados el valor 2 y a los fuertes se les dió el valor 3 ó 4 dependiendo del mayor ó menor trazado. De esta manera convertimos en valor numérico la interpretación de la respuesta electromiográfica.

Los valores obtenidos en los músculos analizados longísimo y multifido en las posiciones de decúbito y bipedestación y en las actitudes de reposo y contra resistencia se exponen en la tabla n° 1.

Análisis del conjunto del comportamiento muscular

Pre-operatorio torácica decúbito reposo (gráfico 1):

Se observa una mayor actividad electromiográfica en ambos músculos longísimo y multifido en el lado convexo en relación al cóncavo principalmente en las curvas K2, es decir en las curvas dobles donde la curva torácica es mayor que la curva lumbar.

Post-operatorio torácica decúbito reposo (gráfico 2):

Se observa la gran disminución de la actividad electromiográfica en el lado convexo en relación al obtenido en el preoperatorio.

Pre-operatorio torácica bipedestación reposo (gráfico 3):

Igualmente que en la posición de decúbito se observa una mayor actividad electromiográfica en el lado convexo que en el cóncavo más evidente en el músculo longísimo que en el músculo multifido.

Post-operatorio torácica bipedestación reposo (gráfico 4):

Se observa una desaparición total de la actividad en el lado convexo en todos los tipos de curvas, excepto en un caso de curva tipo K5, que persistió actividad valor 2 en el lado convexo (preoperatorio valor 3). En el lado cóncavo actividad valor 1 en este mismo caso y en un caso de curva lumbar.

Pre-operatorio lumbar decúbito reposo (gráfico 5):

Existe actividad en el músculo longísimo del lado convexo en las curvas tipo K1, K2, K5 y L. No hay actividad en el lado cóncavo en ningún tipo de curva en ambos músculos.

Los registros obtenidos a nivel del músculo multifido en el lado convexo, en la misma posición y actitud demuestran que existe actividad en las curvas tipo K1, K2 y K5, no observándose actividad en la curva tipo K3 y L. En el lado cóncavo no aparece ningún tipo de actividad en ninguna curva.

Post-operatorio lumbar decúbito reposo (gráfico 6):

Desapareció la actividad electromiográfica registrada en el músculo longísimo del lado convexo, persistiendo la falta de actividad en el lado cóncavo.

Pre-operatorio lumbar bipedestación reposo (gráfico 7):

Se observa actividad en las curvas tipo K1 y L., a nivel del músculo longísimo en el lado convexo. En el lado cóncavo no apareció actividad en ninguna curva.

En el músculo multifido se observa aumento la actividad en el lado convexo en las curvas tipo K1, K2, K5 y L. En lado cóncavo se observa aumento de actividad en el único caso de curva tipo K5 pero menos intensidad que en el lado convexo.

Post-operatorio lumbar bipedestación reposo (gráfico 8):

Hay una disminución de la actividad en el lado convexo en las curvas tipo K1 y L, pero aparece actividad en un caso de curva tipo K2, tanto en el lado convexo como en el lado cóncavo.

RESULTADOS DEL ESTUDIO HISTOQUÍMICO

El estudio con microscopio óptico demostró los siguientes hallazgos:

a) Aumento del tejido conectivo endomisial en tres enfermos en músculos aislados.

b) Fibras atroficas con las características de la atrofia por denervación en el músculo longísimo de la concavidad de dos casos.

c) Fibras con abundante glucógeno y lípidos en músculos de siete casos.

d) Zonas con ausencia de tinción con los enzimas oxidativos, generalmente grandes y únicas de aspecto muy parecido a los cores, afectando a las fibras tipo I de los músculos longísimo de la convexidad en seis casos y en músculos multifido de la convexidad en cinco casos, músculos multifidos de la concavidad de cuatro casos y longísimos de la concavidad en un caso. (figs. 3 y 4).

GRAFICA 1
PRE-OPERATORIO
TORACICA DECUBITO REPOSO
(medias por curva)

GRAFICA 3
PRE-OPERATORIO
TORACICA BIPEDEST REPOSO
(medias por curva)

GRAFICA 2
POST-OPERATORIO
TORACICA DECUBITO REPOSO
(medias por curva)

GRAFICA 4
POST-OPERATORIO
TORACICA BIPEDEST REPOSO
(medias por curva)

SITUACION CURVA	POSICION POSTURA	MUSCULO	ENFERMOS																												MEDIAS POR CURVA										desviacion tipica				
			1	17	18	19	2	3	5	6	10	12	27	28	21	13	15	14	20	4	9	22	23	24	25	26	MEDIA	TOTAL K1	K2	K3	K5	L	TOTAL K1	K2	K3	K5	L								
Prooperta	Torácica decubito reposo	long convex	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	3	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	0.50	1.50	1.00	1.00	0.00	0.96	1.09	1.06	0.00	0.00	0.54							
		long convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0.00	0.14	0.00	0.00	0.40	0.47	0.00	0.59	0.00	0.16								
		mult convex	1	0	2	0	2	1	0	2	3	2	3	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.96	0.75	1.43	0.00	1.00	0.00	1.05	1.30	1.10	0.00	0.00	0.63						
		mult convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.00	0.21	0.00	0.00	0.40	0.49	0.43	0.59	0.00	0.17							
		long convex	3	4	2	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	2.96	3.25	3.21	3.00	3.00	2.00	1.22	1.50	1.33	0.00	0.47						
	Torácica decubito contratesia	long convex	3	1	2	3	3	2	4	3	3	3	4	4	3	3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	2.48	2.25	2.71	2.00	3.00	2.00	1.14	1.22	1.29	0.00	0.44						
		mult convex	3	4	3	4	3	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	2.40	3.25	2.43	3.00	4.00	1.20	1.46	2.00	1.45	0.00	1.01						
		mult convav	3	4	3	4	2	4	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	2.20	3.25	2.14	2.00	3.00	1.40	1.31	1.79	1.32	0.00	0.57						
		long convex	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.32	0.50	0.21	1.00	1.00	0.20	0.67	0.00	0.82	0.00	0.40						
		long convav	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0.25	0.07	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.26	0.00	0.03						
Torácica bipedest reposo	mult convex	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.50	0.21	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.77	0.00	0.09							
	mult convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.26	0.00	0.03						
	long convex	3	2	2	3	3	3	2	0	0	0	0	4	2	4	3	2	1	4	2	3	2	1	4	2	3	2	1.28	2.25	1.14	3.00	2.00	0.40	1.38	1.30	1.52	0.00	0.97							
	long convav	3	1	2	3	2	0	0	0	0	0	0	3	3	1	4	1	0	1	4	1	0	1	4	1	0	1	0.96	2.00	0.79	3.00	1.00	0.20	1.11	0.87	1.19	0.00	1.05							
	mult convex	3	1	2	3	2	4	3	3	4	3	3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	1.28	2.25	1.07	2.00	4.00	0.40	1.51	0.00	1.63	0.00	1.36						
	mult convav	3	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	0	3	3	1	0	88	2.50	0.36	3.00	3.00	0.20	0	0	0.88	2.50	0.36	3.00	3.00	0.20	1.31	0.00	1.36	0.00	1.36							
	long convex	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	44	0.50	0.43	0.00	1.00	0.40	0	0	0.44	0.50	0.43	0.00	1.00	0.40	0.73	0.43	0.91	0.00	0.36							
	long convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
	mult convex	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	40	0.50	0.29	0.00	4.00	0.00	0	0	0.40	0.50	0.29	0.00	4.00	0.00	1.14	0.00	1.12	0.00	1.69							
	mult convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
long convex	4	2	4	0	4	3	4	3	4	3	4	0	3	2	4	3	2	4	4	3	2	4	4	2	4	4	4	3.00	3.00	2.86	2.00	4.00	3.40	0.94	1.50	0.77	0.00	0.74							
Lumbar	decubito contratesia	long convex	4	2	4	0	4	3	4	3	4	0	3	2	4	3	2	4	4	4	3	2	4	4	2	4	4	4	2.50	2.29	2.00	4.00	2.40	1.24	1.50	1.34	0.00	0.78							
		long convav	4	0	2	1	4	0	3	4	3	4	2	3	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	2.36	3.75	2.21	3.00	4.00	1.20	1.47	1.79	1.50	0.00	1.03					
		mult convex	4	3	4	4	3	4	4	2	4	0	3	4	0	3	3	2	1	4	1	72	2.50	1.79	2.00	1.00	1.00	4	1.72	2.50	1.79	2.00	1.00	1.00	1.38	1.64	1.53	0.00	0.45						
		mult convav	3	0	4	3	4	4	1	4	3	4	2	1	2	1	1	0	0	2	2	1	0	56	1.75	0.00	0.00	1.40	0	0	0.56	1.75	0.00	0.00	0.00	0.61	0.75	0.00	0.82	0.00	0.81				
		long convex	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
	bipedest reposo	long convav	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
		mult convex	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.68	2.50	0.14	0.00	4.00	0.20	1.21	0.00	1.12	0.00	1.68				
		mult convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.28	0.00	0.26	0.00	0.43				
		long convex	4	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	3	1	3	4	2	4	2	4	0	3	3	4	2	4	2	4	2.04	3.00	1.36	3.00	1.00	3.20	1.35	1.30	1.29	0.00	0.97					
		long convav	4	0	2	1	0	2	1	0	1	2	3	0	4	1	0	4	1	0	8	0.85	0.86	2.00	3.00	1.80	4	1.08	2.50	0.86	2.00	3.00	1.80	1.34	0.43	1.49	0.00	0.76							
Posoperta	Torácica decubito reposo	mult convex	3	4	2	3	0	2	3	0	3	1	3	3	2	1	3	2	1	3	2	2	75	0.93	2.00	1.00	0.60	1.20	2.75	0.93	2.00	1.00	0.60	1.20	1.30	1.30	0.00	0.52							
		mult convav	1	0	1	2	2	0	0	0	0	0	1	4	3	1	3	0	0	64	0.50	0.71	1.00	3.00	0.00	0	0	0.64	0.50	0.71	1.00	3.00	0.00	1.20	0.87	1.36	0.00	1.11							
		long convex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.26	0.00	0.03					
		long convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12	0.00	0.14	0.00	0.00	0.20	0.44	0.00	0.56	0.00	0.09					
		long convex	3	4	0	2	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	1	60	1.75	1.29	3.00	4.00	1.60	1.60	4	1.56	1.75	1.29	3.00	4.00	1.60	1.68	1.73	1.79	0.00	1.11									
	Torácica bipedest reposo	long convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0.00	0.00	0.00	2.00	0.40	0.56	0.00	0.70	0.00	0.82					
		long convex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.26	0.00	0.43					
		long convav	3	4	2	0	4	4	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	3	4	2	3	3	4	2	3	3	4	2	2.20	2.75	0.50	3.00	3.00	1.20	1.48	0.00	1.63	0.00	1.10					
		long convex	2	3	0	0	4	4	3	4	2	4	3	4	2	3	3	0	4	0	1.00	2.00	0.50	3.00	0.80	4	1.00	2.00	0.50	3.00	3.00	0.80	1.47	0.00	1.66	0.00	1.18								
		long convav	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
Lumbar	decubito reposo	long convex	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	1.92	2.75	1.29	3.00	4.00	2.40	1.73	1.73	1.88	0.00	0.98						
		long convav	4	1	2	4	1	4	3	4	0	4	2	4	1	4	4	1	4	4	1	64	2.25	0.86	4.00	2.40	4	1.64	2.25	0.86	4.00	2.40	2.40	1.79	1.30	1.98	0.00	1.31							
		long convex	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.25	0.21	0.00	0.00	0.20	0.62	0.00	0.80	0.00	1.10						

GRAFICA 5
PRE-OPERATORIO
LUMBAR DECUBITO REPOSO
(medias por curva)

GRAFICA 7
PRE-OPERATORIO
LUMBAR BIPEDEST REPOSO
(medias por curva)

GRAFICA 6
POST-OPERATORIO
LUMBAR DECUBITO REPOSO
(medias por curva)

GRAFICA 8
POST-OPERATORIO
LUMBAR BIPEDEST REPOSO
(medias por curva)

TABLA 2

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
	Identif	870322	871265	865565	871184	871154	871505	871208	892636	899111	889562	898763	901032	902491	902923	902680	MEDIA	DESVIAC	
NÚMERO FIBRAS		200	155	209	113	180	167	172	113	145	211	164	111	129	199	137	160,3	33,9	
Long. concavidad	TIPO I	122	162	111	129	112	92	100	111	111	158	84	207	135	56	88	118,4	35,7	
	TIPO II	200	155	209	113	180	167	172	113	145	211	164	111	129	199	137	160,3	33,9	
Long. convexidad	TIPO I	120	117	84	185		109	124		148	108	121	103	191	140	116	128,2	29,7	
	TIPO II	93	114	58	89		105	132		100	52	124	200	77	124	97	105,0	36,0	
Mult. concavidad	TIPO I	116	97	148	97		137	142	148	133	165	205	87				141,4	8,2	
	TIPO II	34	70	299	113		84	94	114	99	115	70	98	93	82		105,0	59,4	
Mult. convexidad	TIPO I	227	68	163	114		121	135		102	79	156	173	158	122	157	136,5	40,8	
	TIPO II	107	53	108	135		105	118		118	175	93	108	97	97	90	120,5	35,9	
Gluteo	TIPO I	145	126	183			102	192	125	121	128	192	206	145	151	152	151,4	31,1	
	TIPO II	100	116	85			111	102	116	100	102	52	104	85	109	85	97,5	16,7	
DIAMETRO																			
Long. concavidad	TIPO I	36.1	39.4	39.0	50.2	29.4	28.0	37.1	32.8	55.7	38.5	53.9	49.1	39.9	36.7	41.6	40.5	8.0	
	TIPO II	33.7	32.3	60.3	46.8	25.4	23.3	38.8	37.9	50.5	30.3	44.6	40.3	33.0	39.9	42.8	39.1	9.3	
Long. convexidad	TIPO I	33.2	27.8				23.7	26.4		45.4	48.6	41.3	32.8	41.1	32.8	41.1	37.7	8.3	
	TIPO II	33.6	23.3				33.1	34.3		37.4	45.3	41.0	31.5	40.2	39.1	56.2	37.9	7.7	
Mult. concavidad	TIPO I	39.4	31.9	40.0	40.1		37.2	29.0	35.6	59.7	49.4	57.1	57.8		35.2		42.7	10.1	
	TIPO II	36.8	29.9	37.8	44.7		36.0	40.4	52.6	53.7	40.9	35.4					41.2	7.8	
Mult. convexidad	TIPO I	36.0	22.5	38.8	43.9		29.5	28.6		44.4	34.0	42.1	39.5		36.9	44.1	36.7	6.7	
	TIPO II	39.9	23.6	35.1	40.4		35.4	34.2		44.8	34.1	37.3	39.9		44.6	48.3	38.1	6.2	
Gluteo	TIPO I	34.3	34.3				40.9	40.0	42.5	53.5	42.2	43.6	45.5		37.1	37.0	40.8	6.5	
	TIPO II	38.2	46.3	42.5			31.0	41.5	51.7	53.2	44.4	40.4	42.4	44.0	43.8	39.8	43.1	5.4	
DIAMETRO (desviación típica)																			
Long. concavidad	TIPO I	9.2	8.3	10.1	10.1	6.7	6.7	7.8	9.1	14.3	9.4	12.2	9.6	6.0	6.2	8.7			
	TIPO II	12.1	7.2	13.3	8.4	4.6	4.9	6.8	9.9	10.4	9.4	11.3	10.5	6.4	5.5	7.6			
Long. convexidad	TIPO I	9.5	6.4				5.1	4.4		5.1	6.4	9.9	71.27	53.03	54.46	20.16			
	TIPO II	11.5	5.4				8.5	5.7		9.7	10.5	13.1	8.2	7.6	7.4	11.2			
Mult. concavidad	TIPO I	10.8	7.2				8.9	8.9	11.2	14.8	13.4	12.4	10.8		7.3				
	TIPO II	9.5	4.4				9.2	8.8	11.2	12.7	11.2	10.5	10.8		7.3				
Mult. convexidad	TIPO I	7.5	5.0	7.3	9.3		5.7	6.9		11.6	6.9	10.3	8.7		7.3				
	TIPO II	8.0	4.6	8.7	11.6		8.9	7.3		10.1	8.6	8.5	10.8		9.8				
Gluteo	TIPO I	6.6	6.3				7.2	7.7	9.0	7.2	9.7	9.0	9.7	10.4		6.6	8.0		
	TIPO II	7.8	9.7	8.5			5.0	7.6	10.4	10.6	12.6	11.0	12.2	9.2	9.1	6.7			
PROPORCIÓN DE FIBRAS (%)																			
Long. concavidad	TIPO I	62.15	48.90	65.31	46.69	61.64	64.48	63.24	50.45	56.64	57.18	66.13	34.91	48.86	78.04	61.43	57.74	10.06	
	TIPO II	37.85	51.10	34.69	53.31	38.36	35.52	36.76	49.55	43.36	42.82	33.87	65.09	51.14	21.96	38.57	42.26	10.06	
Long. convexidad	TIPO I	56.34	50.65	59.15	67.52	0.00	50.93	48.44	0.00	59.68	67.50	49.99	39.99	71.27	53.03	54.46	20.16		
	TIPO II	43.66	49.35	40.85	32.48	0.00	49.07	51.56	0.00	40.32	32.50	50.01	60.01	28.73	46.97	45.54	38.51	10.50	
Mult. concavidad	TIPO I	77.33	58.08	33.11	54.80	0.00	61.99	60.17	56.49	57.33	58.93	74.55	47.03	0.00	68.94	0.00	47.25	25.69	
	TIPO II	22.67	41.91	66.89	45.20	0.00	38.01	39.83	43.51	42.67	41.07	25.45	52.97	100.00	31.06	51.75	51.75	25.69	
Mult. convexidad	TIPO I	67.96	56.20	46.44	49.78	0.00	55.00	51.92	0.00	46.36	31.85	57.35	49.43	61.96	53.04	62.30	45.97	19.77	
	TIPO II	32.04	43.80	53.56	50.22	0.00	45.00	48.08	0.00	53.64	68.15	42.65	50.57	38.04	46.96	37.70	40.69	17.90	
Gluteo	TIPO I	0.00	58.18	52.07	68.28	0.00	47.89	31.1	51.87	54.75	68.45	66.68	63.04	58.64	61.32	61.32	21.88		
	TIPO II	0.00	40.82	47.93	31.72	0.00	52.11	34.69	48.13	45.25	44.35	31.31	33.55	36.96	41.92	35.86	34.1

Figura 1. Variabilidad en el diámetro de las fibras debido a atrofia moderada de fibras tipo II (ATPasa pH 9.4 x 135)

Figura 3. Numerosas fibras musculares muestran una zona clara central rodeada en ocasiones por un halo denso (pseudocores) (DPNH x 135)

Figura 2. Gran predominio de fibras tipo I (ATPasa pH 9.4 x 135).

Figura 4. Pseudocores con mayor detalle. La zona pálida está desprovista de mitocondrias y retículo sarcoplásmico. (DPNH x 500).

RESULTADOS DEL ESTUDIO MORFOMÉTRICO

Se realizó una medición en cuanto al número y diámetro de fibras tipo I y II de los músculos paravertebrales longísimo y multifido a ambos lados de la curva escoliótica y del músculo glúteo del lado derecho correspondiente al lado de la convexidad de la curva y cuyos valores se exponen en la tabla n° 2.

Se hizo un tratamiento estadístico no paramétrico al no haber controles normales. Se emplearon dos técnicas estadísticas no paramétricas: el test de los signos y el test de Wilconxon.

El test de los signos considera diferencias entre pares de valores de una misma observación asignando signos + al valor mayor y signo - al valor menor. Asimismo asigna una probabilidad del 50% con una distribución tipo binomial y no considera la magnitud de las diferencias. Por ello y para tener en cuenta la magnitud de las diferencias se utilizó el test de Wilconxon cuyo poder estadístico es más potente que el test de los signos, pues no solamente valora si los datos están a la izquierda o a la derecha de la mediana sino que además a que distancia. Es técnica no paramétrica equivalente a la t de Student para muestras paramétricas.

Con el test de Wilconxon se comparan pares de valores de los distintos tipos de fibras entre ellas y a ambos lados de la curva en cuanto a número y diámetro.

El estudio estadístico del test de Wilconxon se efectuó en ordenador utilizando un paquete estadístico SIGMA.

En resumen se han encontrado valores significativos en los siguientes estudios comparativos (gráficos 9, 10, 11).

1. *Músculo longísimo* (fig. 2):

Número de fibras tipo I mayor que el número de fibras tipo II en la convexidad de la curva.

2. *Músculo multifido*:

Número de fibras tipo I mayor que el número de fibras tipo II en la convexidad de la curva.

3. *Músculo glúteo*:

Número de fibras tipo I mayor que el número de fibras tipo II.

4. *Músculo longísimo* (fig. 1):

Diámetro de fibras tipo I de la convexidad mayor que el diámetro fibras tipo I de la concavidad.

5. *Músculo multifido*:

Diámetro de fibras tipo I de la convexidad mayor que el diámetro de fibras tipo I de la concavidad.

No se han encontrado valores significativos en los siguientes estudios comparativos:

1. *Músculo longísimo:*
 Número de fibras tipo I en relación al de tipo II en la concavidad de la curva.

 Número de fibras tipo I de la convexidad en relación al tipo I de la concavidad de la curva.

 Número de fibras tipo II de la convexidad en relación al número de fibras tipo II de la concavidad de la curva.
2. *Músculo multifido:*
 Número de fibras tipo I en relación al de tipo II en la concavidad de la curva.

 Número de fibras tipo I de la convexidad en relación al número de fibras tipo I de la concavidad de la curva.

 Número de fibras tipo II de la convexidad en relación al número de fibras tipo II de la concavidad de la curva.
3. *Músculo longísimo:*
 Diámetro de fibras tipo I en relación al diámetro de fibras tipo II en la convexidad de la curva.

 Diámetro de fibras tipo II de la convexidad en relación al de la concavidad de la curva.

 Diámetro de fibras tipo I en relación al diámetro de fibras tipo II en la concavidad de la curva.
4. *Músculo multifido:*
 Diámetro de fibras tipo I en relación al diámetro tipo II en la convexidad de la curva.

 Diámetro de fibras tipo II de la convexidad en relación al diámetro de fibras tipo II de la concavidad de la curva.

 Diámetro de fibras tipo I en relación al diámetro de fibras tipo II en la concavidad de la curva.
5. *Músculo glúteo:*
 Diámetro de fibras tipo I en relación al diámetro de fibras tipo II.

DISCUSIÓN

La electromiografía es un buen medio auxiliar a la hora de realizar estudios sobre la acción muscular. Numerosos trabajos han ido aumentando el conocimiento acerca de las funciones de los músculos de la espalda.^{4,5,54,62,94}

También se han realizado estudios electromiográficos en sujetos con escoliosis.^{1,25,33,38,47,70,71,84,91,92,106,107,108,116,117}

La estabilidad de la columna vertebral está mantenida por músculos. En la columna escoliótica hay un momento de flexión que actúa sobre la columna en el

plano frontal, proporcional al grado de escoliosis. Esto significa, que para mantener una postura recta los músculos paravertebrales en el lado convexo tienen que realizar más trabajo que los del lado cóncavo. Esto se ha visto en la mayoría de los enfermos donde una diferencia de amplitud de señal mioeléctrica estaba en relación con un ángulo escoliótico aumentado. La amplitud de señal mioeléctrica aumenta con el aumento de fuerza ejercido. Esto implica que las diferencias de lado son probablemente secundarias a la curvatura de la columna.

Aunque no se pudieron realizar los registros en todas las posiciones a todos los enfermos, ya que algunos sufrieron una lipotimia o no pudieron soportar las molestias de la aguja del electrodo generalmente en la posición de bipedestación se obtuvieron suficientes electromiogramas para entablar una discusión y establecer unas conclusiones.

Se ha utilizado la clasificación de King para diferenciar las curvas torácicas de las curvas lumbares, ya que no se puede englobar a todas las escoliosis de una manera única y los resultados dependerán del tipo de curva y de su magnitud.

En las curvas tipo K1, donde la curva lumbar es de mayor magnitud que la curva torácica, en posiciones de decúbito y reposo a nivel de la curva torácica había actividad mioeléctrica en el lado convexo en 2 enfermos en el músculo longísimo y multifido. En el cóncavo fué nula. En la posición de bipedestación se registró actividad solo en 1 caso en ambos músculos longísimo y multifido. Al igual que en la posición de decúbito no se registró ninguna actividad en el lado cóncavo.

A nivel de la curva lumbar en posición de decúbito se registró actividad en el lado convexo en 1 caso en ambos músculos. Sin embargo en la posición de bipedestación se registró actividad en 3 casos a nivel del músculo longísimo y en los 4 casos en el músculo multifido. En el lado cóncavo en las dos posiciones de decúbito y bipedestación no se registró actividad alguna.

En resumen se ha visto mayor actividad mioeléctrica en este grupo de curvas en el lado convexo de la curva lumbar o curva mayor, en la posición de bipedestación.

En las curvas K2 donde la curva torácica es mayor que la curva lumbar, en la posición de decúbito y reposo, se observó actividad mioeléctrica en el lado convexo de la curva torácica en ambos grupos musculares longísimos y multifidos en casi todos los enfermos, siendo la actividad mioeléctrica en el lado cóncavo de 0 en 11 casos y de 1 en dos casos en el músculo longísimo y actividad 1 en tres casos en el músculo multifido. En la posición de bipedestación esta diferencia de actividad en ambos lados y músculos era muy poco significativa.

A nivel de la curva lumbar en la posición de reposo se observó actividad en el lado convexo en 4 enfermos en el músculo longísimo y en 2 enfermos en el músculo multifido mientras que en bipedestación solo se observó actividad en el lado convexo en un caso a nivel del músculo multifido. En el lado cóncavo no se registro actividad en ningún enfermo en las dos posiciones.

Curva tipo K-I. Actividad electromiográfica en convexidades de ambas curvas, más evidente en la curva lumbar de 80° mayor que la torácica 74°. En el postoperatorio desaparecen las actividades electromiográficas en ambas curvas.

En este grupo de curvas, por tanto, la mayor actividad mioeléctrica registrada ha sido a nivel del lado convexo de la curva mayor o torácica en la posición de decúbito y en ambos músculos longísimo y multifido.

En un caso de curva K3, con una curva torácica de 43° y curva lumbar prácticamente inexistente 15°, sólo existía actividad mioeléctrica en el lado convexo de la curva torácica, en posiciones de decúbito y bipedestación en el músculo longísimo. Las actividades registradas en la curva lumbar eran nulas a ambos lados y músculos.

En un caso de curva K5 con una curva superior torácica de 84° y curva inferior toracolumbar de 98°, había actividad mioeléctrica en el lado convexo de la curva superior torácica en el músculo longísimo en las posiciones de decúbito y bipedestación y multifido en la posición de decúbito. En la curva torácica inferior la actividad fue muy significativa en el lado convexo, a nivel del músculo multifido, en las posiciones de decúbito y bipedestación. En el músculo longísimo se registró actividad en el lado convexo en la posición de decúbito.

En las curvas lumbares a nivel torácico solo se observó actividad en un caso en el músculo longísimo del

lado convexo en la posición de bipedestación y reposo y en el lado cóncavo del músculo longísimo en la posición de decúbito reposo. A nivel lumbar donde se registró mayor actividad fue en el músculo longísimo del lado convexo, en la posición de bipedestación y reposo. En el lado cóncavo no se registró ninguna actividad.

Por tanto, en este grupo se registró mayor actividad mioeléctrica en el lado convexo de la curva mayor lumbar en la posición de bipedestación al igual de lo que ocurría en las curvas tipo K2.

Los valores de actividad mioeléctrica en posiciones contra-resistencia en decúbito y bipedestación, eran altos en ambas curvas y en ambos lados convexo y cóncavo, independientemente del tipo curva, aunque eran ligeramente superiores en la posición de decúbito en relación a la postura de bipedestación, esto es debido a que la pelvis y el sacro, sitio de origen de los erectores de raquis, se fijan mejor en decúbito por lo que la fuerza de acción de estos es más potente.

La electromiografía se practicó a los 6 meses de la intervención quirúrgica en 17 enfermos. En los 13

Curva tipo K-II: Aumento de actividad electromiográfica en convexidades de ambas curvas más significativa en la curva torácica de 60° que en la lumbar de 30°. En el postoperatorio desaparecen las actividades electromiográficas.

enfermos que se practicó vía posterior, no se observaron potenciales de denervación muscular, de donde se deduce que el tiempo de 6 meses es suficiente para renervar a estos músculos en el caso que hubiese habido denervación tras la cirugía. Se observó que en las posiciones de decúbito y bipedestación en la actitud de reposo, la actividad mioeléctrica había desaparecido en el lado convexo en la mayoría de los enfermos, es decir, se habían igualado las actividades mioeléctricas.

Lo mismo ocurrió en los 4 de los enfermos con curvas lumbares o toraco-lumbares que habían sido intervenidos por vía anterior, e instrumentadas con técnica de Zielke donde no había habido posibilidad de denervación de los músculos longísimo y multifido. Las actividades mioeléctricas de ambos lados se hicieron nulas excepto en un caso en la posición de bipedestación en el que se observó actividad mioeléctrica de valor 1 en el longísimo del lado convexo.

Las actividades mioeléctricas en las posiciones contra resistencia no variaron prácticamente en relación al postoperatorio.

Los resultados de este estudio, por tanto, indican que hay una actividad mioeléctrica aumentada en el lado convexo de la curva, estando de acuerdo con los estudios realizados por Lefebvre y cols.⁴⁷, Alexander y Season², Zuck¹¹⁷, Donovan y cols.²⁵ Redford y cols.⁷⁰ y Schultz y cols.⁷⁶. La interpretación de esta mayor actividad mioeléctrica en el lado convexo de la curva escoliótica, se debe al mayor sobre esfuerzo que realizan los músculos del lado convexo y a la menor actividad de los músculos del lado cóncavo.

Estos resultados se contradicen con los estudios realizados por Zetterberg y cols.¹¹⁶ que señalan como anómalo el lado cóncavo de la curva escoliótica, donde no existe actividad mioeléctrica; ya que a los 6 meses de la intervención quirúrgica, se ha observado actividad mioeléctrica nula en ambos lados de la curva escoliótica (convexo y cóncavo), tanto en enfermos que habían sido intervenidos por vía posterior donde podría existir un factor de denervación de la musculatura paravertebral por la cirugía hecho que no ocurre como demostraron Donovan y cols.²⁵, como en los intervenidos por vía anterior, donde no existe denervación en estos músculos debido a la cirugía.

Por tanto el hecho de corregir y estabilizar las curvas, hace que no haya sobrecarga de la musculatura paravertebral en el lado convexo en relación al lado cóncavo y como consecuencia de ello desaparece la actividad mioeléctrica que existía en este lado convexo.

En el estudio de la musculatura paravertebral, realizada a microscopio óptico, se observó, en los 15 enfermos analizados, lo siguiente:

- Aumento del tejido conectivo endomisial en 3 enfermos.
- Fibras atróficas con las características de la atrofia por denervación en el músculo longísimo de la concavidad de la curva en dos enfermos.
- Fibras con abundante glucógeno y lípidos en los músculos en siete enfermos.
- Zonas de ausencia de tinción con las enzimas oxidativas generalmente grandes y únicas, de aspecto muy parecido a los cores, afectando a las fibras tipo I de los músculos multifido en la convexidad a seis enfermos, en la concavidad a cuatro y en el longísimo de la concavidad a uno.

Estos hallazgos indicarían la existencia de leves cambios miopáticos o lesiones asociadas a denervación.

En el estudio morfométrico de los músculos longísimo y multifido se encontró: a) un predominio de fibras tipo I sobre fibras tipo II en ambos lados de la curva y b) un aumento significativo de fibras tipo I sobre fibras tipo II en ambos músculos longísimo y multifido en el lado convexo; hallazgos similares a los observados por Yaron y cols.^{109,100,111,112,113}, Sahgal y cols.⁷², y Bylund y cols.¹⁷

En un enfermo se observó un predominio de fibras tipo II en el músculo longísimo a ambos lados de la curva y en otro enfermos este mismo predominio de fibras tipo II pero en el músculo multifido. No se sabe interpretar el porqué de este predominio de fibras tipo II en estos dos enfermos ya que la magnitud de la curva y edad eran similares al resto.

En los hallazgos observados por Sahgal y cols.⁷² también describen un caso con predominio de fibras tipo II en el músculo longísimo, en un estudio realizado en catorce enfermos con escoliosis idiopática sin explicar el proque de este hallazgo.

En el músculo glúteo mayor derecho, coincidiendo con la convexidad de la curva torácica, se observó un predominio claro de fibras tipo I sobre tipo II en todos los enfermos.

En cuanto al diámetro de las fibras musculares se vio una disminución significativa de éste en las fibras tipo I en los músculos longísimo y multifido de la concavidad de la curva, en relación a las fibras tipo I de ambos músculos en el lado convexo, por lo cual cabría pensar que hay una atrofia en las fibras tipo I del lado de la concavidad corroborando, por tanto, los hallazgos de Yaron y cols. y no estando de acuerdo con los de Sahgal y cols.⁷² que concluyen diciendo que existe una atrofia de fibras tipo II en la concavidad de la curva escoliética.

El porcentaje mayor de fibras tipo I sobre las fibras tipo II en el lado convexo parece que podría ser una respuesta fisiológica de la musculatura paravertebral, debido a que estos músculos del lado convexo tratan de equilibrar la columna vertebral. Se produce, por tanto, como respuesta fisiológica a la sobrecarga que tiene el lado convexo, un cambio de fibras tipo II fásicas o de contracción rápida, a fibras tipo I tónicas de contracción lenta, más resistentes a la fatiga y con alta capacidad oxidativa.

La atrofia de fibras tipo I de la musculatura paravertebral del lado cóncavo de la curva escoliética sería secundaria a la mayor sobrecarga que existe en este lado.

Correlacionando estos hallazgos histopatológicos con los estudios electromiográficos realizados en estos enfermos escoliéticos se observa:

Que en la musculatura paravertebral del lado convexo hay mayor actividad mioeléctrica que en el lado cóncavo, donde es prácticamente nula. Lo que significa que la mayor demanda de trabajo muscular, como es el lado convexo de la curva escoliética, requiere mayor número de fibras tipo I, y en consecuencia, registra mayor actividad electromiográfica; mientras que, a menor demanda de trabajo se produce menor número y mayor atrofia de fibras tipo I y menor actividad electromiográfica.

Realizados registros electromiográficos a los seis meses de la intervención de estos enfermos, una vez corregidas y estabilizadas sus curvas, se observa que las actividades mioeléctricas de los músculos paravertebrales son prácticamente nulas a ambos lados de la curva. Estos resultados se dieron tanto utilizando la intervención por vía posterior, donde ya no existe denervación de la musculatura paravertebral, como demostraron Donovan y cols.²⁵, ó tras la intervención por vía anterior, donde no existe alteración de la intervención de la musculatura por la acción de la cirugía.

Esto hace pensar que no existe una disfunción neuromuscular como causa etiopatogénica única de la escoliosis idiopática.

Por lo tanto los resultados de estos estudios están en desacuerdo con las teorías de Yaron y cols.^{109,110,111,112,113}, Sahgal y cols.⁷², Jean Chiu y cols.⁴¹, Bylund y cols.¹⁷ que opinan que la escoliosis idiopática es causada por una miopatía de carácter leve. En cambio son coincidentes con Zetterberg y cols.¹¹⁵, Ford y cols.²⁸ Hsu y cols.³⁹ y Gibson y cols.³⁰, que opinan que hay una adaptación secundaria de las fibras musculares a la curva escoliética.

Sin embargo, no se puede excluir el que exista una desviación patológica de fibras en la musculatura paravertebral y que fuese un factor primario en la etiopatogénia de la escoliosis idiopática. Una razón de esto es que la mayoría de las curvas han sido siempre convexas hacia el lado derecho. Podría ser que en ciertos individuos, sus músculos paravertebrales en el lado izquierdo tuvieran menos fibras tipo I y en consecuencia ser menos resistentes a la fatiga que los del lado derecho. El resultado de este desequilibrio muscular hace que se produzca la curva escoliética.

Esto podría ser más evidente en la etapa pre-puberal momento en que se produce un crecimiento rápido. Al coincidir con una disminución de la cifosis torácica fisiológica, hace que el centro de rotación de la vértebra torácica se acerque al centro de rotación del raquis.

Este acercamiento del eje de rotación de la vértebra torácica al eje de rotación del raquis, facilita que la vértebra rote hacia el lado donde los rotadores son más potentes, es decir, hacia el lado derecho o convexo, de tal forma que el arco vertebral rota hacia el lado izquierdo o cóncavo y el cuerpo hacia el lado derecho o convexo. Si se sobrepasa un límite de rotación, la musculatura a ambos lados de los arcos posteriores unifica sus acciones en un mismo sentido, propiciando que se dispare la progresión de la curva escoliótica.

Después de haber hecho una revisión bibliográfica de todas las posibles causas etiopatogénicas (genéticas^{19,20,100,101}, elementos estructurados de la columna vertebral^{44,63,114}, estructura del colágeno^{15,58,93}, sistema endocrino^{53,79,87,88}, factores biomecánicos²³, sistema del equilibrio^{36,73,74,87,99,102,103,104} factores metabólicos⁶⁷, escoliosis experimental^{8,22,34,42,45,46,48,56,65,66,78,83} y de los estudios musculares desde el punto de vista electromiográfico e histoquímico y morfométrico se puede concluir, de forma general que la enfermedad que se está buscando es de causa multifactorial, como la luxación congénica de cadera, pie zambo, mielomeningocele y paladar hendido.

La investigación no está agotada en su totalidad. Se debe seguir investigando sobre esta deformidad de la columna y realizar un estudio multidisciplinario. Por tanto, colaborar con el bioquímico, neurofisiólogo, ingeniero biomecánico, neuropatólogo, endocrino etc.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO ELECTROMIOGRÁFICO

1ª. Se deduce que la mayor actividad electromiográfica en el lado convexo de la curva escoliótica, está en relación al mayor esfuerzo que realizan los músculos de

este lado, intentando equilibrar la columna vertebral y que la ausencia de ésta actividad en el lado cóncavo está en relación con la no actividad muscular.

2ª Se constata que los músculos longísimo y multifido contribuyen con su actividad a la aparición de potenciales eléctricos aumentados en ambos lados de la curva escoliótica, en actitudes de esfuerzo contra resistencia, en las posiciones de reposo y bipedestación.

3ª La ausencia de actividad electromiográfica en el músculo longísimo a ambos lados de la curva escoliótica (una vez corregida y estabilizada), se debe a que no existe lesión muscular como causa etiopatogénica única de la escoliosis idiopática.

4ª. A diferencia de los resultados obtenidos en la posición de reposo se constata, que no hay variación de las actividades mioeléctricas, en las mediciones realizadas en el músculo longísimo a los seis meses del postoperatorio, en las actitudes de esfuerzo contra resistencia, en posiciones de decúbito y bipedestación.

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO HISTOQUÍMICO Y MORFOMÉTRICO

1ª. Se observa la existencia de leves cambios miopáticos o lesiones asociadas a denervaciones en músculos de ambos lados de la curva escoliótica.

2ª. Existe un aumento significativo del número de fibras tipo I sobre las de tipo II en el músculo longísimo y multifido en la convexidad de la curva escoliótica.

3ª. Se observa un aumento significativo del número de fibras tipo I sobre las de tipo II en el músculo glúteo del lado convexo de la curva.

4ª. Hay un aumento significativo del diámetro de las fibras tipo I de la convexidad sobre el diámetro de fibras tipo I de la concavidad en los músculos longísimo y multifido.

5ª. Existe una correlación entre mayor número y diámetro de las fibras tipo I con aumento de la actividad electromiográfica en la convexidad de la curva escoliótica.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento a la Prof. Dra. Ana Cabello jefe de sección del Servicio de Anatomía Patológica del Hospital 12 de Octubre y al Dr. Félix del Campo médico adjunto del Servicio de Neurofisiología del Hospital de Getafe por la ayuda recibida en la realización de esta tesis doctoral.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, M.A., Bunch, W., and Ebberson, S.: Can experimental dorsal rhizotomy produce scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 54 A 1509, 1972.
- Alexander, A.A., Season, Eh.: Idiopathic scoliosis. An electromyographic study. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 59, 314, 1978.
- Alexeeva, A.A., Chernukin, A.A.: Disorder of the neuromuscular balance one the factors of development of scoliosis (Experimental study). *Ortop. - Traumatolo-Protez.* 12, 24, 1978.
- Allen, D.E.L.: Muscle action potentials used in the study of dynamic anatomy. *Brit. J. Phys. Med.* 11, 66, 1948.
- Andrssen, G.B., Murphy, R.W., Ortengren, R., Nachemson, A.L., Effstron, G., bronson, H.: The sitting pposture. An electromyographic and discometric study. *Orthop. Clin. North Am.* (1), 105, 1075.
- Anderssen, G.B., Murphy, R.W., Ortengren, R., Nachemson, A.L., Effstron, G., Bronson, H.: The influence of backrest inclination and lumbar support on lumbar lordosis. *Spine* 4, 52, 1979.
- Archer, I.A., Dickson R.A.: Spinal Deformities basic principles. *Current Orthopaedics* 3, 72, 1989.
- Barrios, C. Tuñon, MT., De Salis, J., Beguiristain, JL. and Cañadell, J.: Scoliosis Induced by medullary damage. An experimental study in rabbits. *Spine* 12, 5, 433, 1987.
- Basmajian, J.V.: Muscle Alive. The back. The Williams and Wilkins Company. Baltimore, 281-283, 1967.
- Beguiristain, JL.: Escoliosis experimental en ratas bípedas. *Rev. Ortop. Traum.* 18, 367, 1974.
- Beguiristain, JL., De Salis, J., Ornifo, A., and Cañadell, J.: Experimental scoliosis by epiphyseodesis in pigs. *Int. Orthop.* 3, 317, 1980.
- Belenky, VE.: The mechanism of formation of the spine deformity in scoliosis. *Excerpta Medica, Orthopedic Surg.* 23, 4, 1978.
- Bisgard, JD.: Experimental thoracogenesis scoliosis. *J. Thoracic Surg.* 4, 435, 1935.
- Bohmer, D., Norte, B.: Biochemical factors in the etiology of scoliosis. *Z. Orthop.* 110/2, 137, 1972.
- Bradford, DS., Oegema, TR., and Braun, DM.: Studies on skin fibroblast of patients with idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.* 126: III, 1977.
- Bushell, GR., Ghosh, P., Taylor, TKF.: Collagen defect in idiopathic scoliosis. *Lancet* 2, 94, 1978.
- Bylund, P., Jansson, E., Dahlberg, E and Erikson, E.: Muscle Fiber Types in thoracic erector spinae muscles. *Clin. Orthop.* 214, 222, 1987.
- Cañadell, J., Beguiristain, JL., González Iturri, J., Reparaz, B. and Gili, JR.: Some aspects of experimental scoliosis. *Arch. Orthop. - Traumat. Surg.* 93, 75, 1978.
- Cotrel, MH.: Le facteur genetique dans la scoliose idopatque. These. Paris, 1974.
- De George, F.V. and Fischer, RL.: Idiopathic scoliosis. Genetic and environmental aspects. *J. Med. Genet.* 4, 251, 1967.
- De Salis, JA.: Escoliosis experimental por lesión vascular. M.D. Thesis Universidad de Navarra. Pamplona, 1977.
- De Salis, JA., Beguiristain, JL. and Cañadell J.: The production of experimental scoliosis by selectiva arterial ablation. *Int. Orthop.* 3, 311, 1980.
- Dickson, RA., Lawton, JO., Archer IA, Butt, WP.: The pathogenesis of idiopathic scoliosis: biplanar spinar asymmetry. *J. Bone Joint Surg.* (br) 66B, 8, 1984.
- Donish, EW. and Basmajian, JV.: Electromyography of deep back muscles in man. *Am. J. Anat.* 133, 25, 1972.
- Donovan, WH., Dwyer, AP., Bedbrook, GM.: Electromyographic activity in paraspinal musculature in patients with idiopathic scoliosis before and after Harrington instrumentation. *Arch Phys Med. Rehabil.* 61/9, 413, 1980.
- Fidler, MW. and Jowett RL.: Muscle imbalance in the etiology of scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 58 B, 1, 1976.
- Fillio, NA., Thompson, MW.: Genetic studies in scoliosis. *Proceedings of the Scoliosis Research Society. J. Bone Joint Surg.* 53 A, 1991, 1971.
- Ford, DM., Bagnall KM., Clements CA. and McFadden KD: Muscles spindles in the papraspinal musculature of patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 13, 461, 1988
- Ford, DM., Bagnall, KM., McFadden, KD.: Paraspinal muscle imbalance in adolescent idopathic scoliosis. *Spine*, 9/4, 373, 1984.
- Gibson, JNA., McMaster, MJ., Scrimgeour, CM., Stoward, PJ., Rennie, MJ.: Rates of muscle protein synthesis in paraspinal muscles Lateral disparity in children with idiopathic scoliosis. *Clin. Sci.* 75.1, 79-83.
- Green, R.JL.: Histochemistry and ultrastructure oif the paraspinal muscles in idiopathic scoliosis and in control subjects. *Med. Lab. Sci.* 38/3, 197, 1981.
- Gregoric, M., Pecak, F., Trontelj, JV., Dimitrijevic, MR.: Postural control in scoliosis. A statokinesimetric study in patients with scoliosis due to neuromuscular disorders and in patients with idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.*, 52, 59, 1981.
- Gueth, V., Abbink, F.: Electromyographical and kinesiological investigations: Comparison of congenital and idiopathic scoliosis. *Z. Orthop. Thre. Genzgeb.* 118-2, 165, 1980.
- Gurpide, C.: Comportamiento de la médula en la escoliosis experimental. Tesis doctoral, Universidad de Navarra, España, 1977.
- Haderspeck, K., Schultz, AB.: Progression of idiopathic scoliosis. An analysis of muscle actions and body weitht influences. *Spine* 6, 447, 1981.
- Herman, R.: Postural and ocular motor control in patients with idiopathic scoliosis. Pathogenesis of idiopathic scoliosis. Ed. Scoliosis Reseearch Society, 193, 1984.
- Hoogmastens, MJ., Basmajian, JV.: Postural tone in the deep spinal muscles of idiopathic scoliosis patients and their siblings. *Electroencefalograph Clin. Neurophysiol* 16, 93-114, 1976.
- Hoogmanstems, MJ., Stuyck, J.: First results with vibration electromyography as a differential measurement of the postural tone in the left and right spinal muscles. *Aggressologie* 18, 341-343, 1978.
- Hsu, JD., Slager, UT., Swand, SM., Robinson, MH.: Idiopathic scoliosis: A clinical, morphometric and histopathological correlation. *J. Pediatr. Orthop.*, 155, 147, 1988.
- Hunter, KRE., Bradford, DS., oegema TR.: Biochemistry of the intervertebral disc in scoliosis. Presented at the Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society, Dallas, Texas, 135, 1978.
- Jean-Cheng Chiu, Schun-ichi Inove, Toshio Naguna: Morphological studies on muscle fibers and neural elements of the erection spinae muscle in 60 consecutive scoliotic patient. 23rd. Annual Meeting Scoliosis Research Society, Baltimore, Maryland, 1988.
- Kawate, S.: Experimental scoliosis produced lby stereotaxic destruction of posterior part of the hypothalamus in bipedal rats. *Shakoku Act Med.* 32, 195, 1976.
- Kazmin, AJ., Fixczanko, WJ.: On the importance of the nucleus pulposus in scoliosis formation. *Chir narzadow Ruchu Ortop.* Pol. 35, 493, 1970.
- Knutson, F.: Vertebral genesis of idiopathic scoliosis in children. *Acta Radiol.* 4, 395, 1966.
- Langenskold, A., and Michelsson, JE.: Experimental progressive scoliosis in the rabbit. *J. Bone Joint Surg.* 43A, 115, 1961.
- Lawton, JO. and Dickson, R.: The experimental basis of idopathic scoliosis. *Clin. Orthop.* 210, 9, 1986.
- LeFebre, J., Triboulet, Chassevant, A. and missirley, MF.: electromyographic data in idiopathic scoliosis. *Arch. Phys. Med.* 42, 7120, 1961.
- Liszka, O.: Spinal cord mechanisms leading to scoliosis. *Acta Med. Pol.* 2, 45, 1961.
- Low, WD., Chew ED., Kung, LS., Hsu, LCS., Leong, JCY.: Ultrastructure of nerve fibers and muscle spindles in adolescent idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.* 174, 217, 1983.
- Lloyd Roberts GC., Pincott, JR., MC Meniman, P., Bayley, ILL., Kendall, B.: Progression in idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* (Br.) 60, 451, 1978.
- MacEwen, GD.: Experimental scoliosis In Zorab, P.A. (ed). *Proceedings of a second symposium on scoliosis. Causation.* Edimburgh, E.S. Livingstone, 18, 1968.
- macEwen, GD.: Experimental scoliosis. *Clin. Orthop.* 93, 69, 1973.
- Misol, S., Ponseti, IV., Samaan, N., Bradbury, JT.: Growth hormone blood levels in patients with idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.* 81, 122, 1971.
- Morris, JM., Benner, G. and Lucas: An electromyographic study of the intrinsic muscles of the back in man. *J. Anat.* 96, 509, 1962.
- machemson, A., Shalstrand, T.: Etiologic factors in adolescent idio-

- pathic scoliosis. *Spine*, 176, 1977.
56. Nakagawa, Y.: An experimental study of postural reflex in scoliosis. *Shikoku Acta Med.* 32, 155, 1976.
57. Nieto, JM., Martínez, AC.: Electromiografía de la bipedestación de la marcha normal. *Rehabilitación*, 11, 51, 1981.
58. Nordwall, A.: Studies in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.* 150 suppl. 9, 1973.
59. Ovalle, W., Tredwell, S.: The multifidus myotendon junction: a morphological marker for idiopathic scoliosis. *Pathogenesis of idiopathic scoliosis*. Ed. Scoliosis Research Society 169, 1984.
60. Parrilla, P., Perricone, G.: Electromyography in the idiopathic scoliosis. *Medesp.*, 71, 153, 1974.
61. Paul of Aegine. Collected works. Translated for sydenhan Society by F. Adams. London 1834 et.
62. Pauly, JE.: An electromyographic analisis of certain movements and exercises. *Anat. Rec.* 155, 223, 1966.
63. Pedrini, Va., Ponseti, IV. and Dohrman, SC.: Glucosaminoglycans of innervetral disc in idiopathic scoliosis. *J. Lakb Clin. Med.* 82, 938, 1973.
64. Pincott, JR.: Observations on the afferent nervous system in idiopathic scoliosis. In *Scoliosis 1979*, Edited by PA Zorab and D. Siegler, London Academic Press, 1980.
65. Pincott, JR. and Taffs, LF.: Experimental scoliosis in primates. A neurological cause. *J. Bone Joint Surg.* 64B, 503, 1982.
67. Ponseti, JV., Baird.: Scoliosis and dissecting aneurysm of the aorta in rats fed with lathyrus odoratus seeds. *Am. J. path.*, 82, 1059, 1952.
68. Ponseti, IV., Pedrini, V., Wynne-Davies, R., Duval-Beaupere, G.: Pathogenesis of scoliosis. *J. Clin. Orthop.* 120, 268, 1976.
69. Rappapart, R.: Plasma androgens and LH in scoliotic patients eith premature pubarche. *J. Endocrinal Metab.* 38, 401, 1974.
70. Redford, JB., Butterworth, TR., Clements, EL. JR.: use of electromyography as a prognostic aid in the management of idopathic scoliosis. *Arch. Phys. Med. Rehab.* 50, 43, 1969.
71. Reuber, M., Mc Neid, Schultz, A., Spencer, D.: Trunk muscle myoelectric activities in idiopathic scoliosis. *Spine* (in press.)
72. Sahgal, P., Shah, A., Flannagan, N., Schaffer, M., Kane, W., Subramani, W. and Singh, H.: Morphologic and morphometric studies of muscle in idiopathic scoliosis. *Acta orporthop. Scand* 54, 242, 1983.
73. Sahlstrand, T.: Equilibrium factors in adolescent idiopathic scoliosis: a clinical study including stabilometmry, electroencepahlography and electronystangnography. *Goteborg*, 1977.
74. Sahlstrand, T., Ortengren, R., Nachenson, A.: Postural equilibrium in adolescent idiopathic. *Acta Orthop. Encand.* 49, 354, 1978.
75. Saito, A.: The histological and electromyographical studies on back muscles in scoliosis. *J. Chiba Medical Sco.* 40, 13, 1964.
76. Schultz, A., Arbor, A.: Biomechanical studies of possible causes for the progression of idiopathic scoliosis. *Pathogenesis of idiopathic scoliosis*. Ed. Scoliosis Research Society 181, 1984.
77. Schwartzmann, JR. and Miles, M.: Experimental production of scoliosis in rats and mice. *J Bone Joint Surg.* 27, 59, 1945.
78. Schwartamann, JR. and Miles, M.: Experimental production of scoliosis in rats and mice. *J. Bone Joint Surg.*, 34B, 421, 1952.
79. Skogland, LB., Miller, JAA., Skotter, A., Fryklund, L.: Serum somatomedin A and non-dialyzable urinary hydroxyproline in girls with idiopathic scoliosis. *Acta Orthopp. Scand.* 52, 307, 1981.
80. Slager, VT. and hsu, JD.: morphomektry and pathology of the pparaspinus muscles in idiopathic scoliosis. *Dev - Med- Child - Neurol*, 28, 794, 1956.
82. Spencer, GSC.: Plasma and muscle sometomedin in scoliotic children scoliosis. *Proceedings of a Fifth Sympposium*, London, September, 1976.
83. Suk, SI., Song, HS., Lee, CK.: Scoliosis induced by anterior and posterior rhizotomy. *Spine* 14, 692, 1989.
84. Takemitsu, Harada, Atsuta, Imani: Asymmetry of trunk muscle endurance inconvex and concave sides of children with idiopathic scoliosis comparing with normal children. 19th. Annual Meeting Scoliosos Research Soceity-182, 1984.
85. Tamura, T.: An experimental study on scoliosis in bipedal rats with brain stem lesion. *J. Jpa. Orthop. Ass.* 48, 137, 1974.
86. Taylor, TKF., Ghosh, P. and Bushell, GR.: The contribution of the intervertebral disk to the scoliotid deformity. *Clin orthop.* 156, 79, 1981.
87. Tezuko, A.: Development of scoliosis in cases with congenital organic abnormalities of the brain stem. *Tojikushime J. Exp. Med.* 18, 49, 1971.
88. Torbjörn, AHL., Kerstin, AW., Ragrar, K.: Twenty four hours growth hormone. Profiles in puberal girls with idiopathic scoliosis. *Spine* 139, 1988.
89. Tredwell, SJ.: A review of possible neuromuscular factors. *Pathogenesis of idiopathic scoliosis*. Ed. Scoliosis Research Society 203, 1984.
90. Tresserra, J.: Escoliosis experimental. *Rev. Ortop. Traum.* 31, 739, 1969.
91. Trontelj, JV., Fernandez, JM.: Single fiber EMC. in juvenile idiopathic scoliosis. *Muscle-Nerv.* 11/4, 297, 1988.
92. Trontelj, JV., Pecak, F. and Dimitvijovic, MR.: Segmental neurophysiological mechanisms in scoliosis, *J. Bone Joint Surg.*, 61B, 310, 1979.
93. Ven, G., Mehta, MH. and Makson RM.: Characteristicks of collagen from normal and scoliotic human spinal ligament. *Biochem Biophys. Acta* 757, 259, 1983.
94. Waters, RL. and Morris, JM.: Effect of spinal sup port on the electrical activity of muscles of the trunk. *J. Bone Joint Surg.* 52A, 51, 1970.
95. Whalen, RG., Ecob, MS.: Two-dimensional electrophoretic analysis of muscle contractile proteins in papients with idiopathic scoliosis. *Clin. Chem. (Winston-Salem, NC.)*, 28/411, 1036, 1982.
96. Willner, S.: Study of growth in girls with adolescent idiopathic structural scoliosis. *Clin. Orthoip.* 101, 129, 1974.
97. Willner, S.: A study of heigth, weight and menarche in girls with idiopathic structural scoliosis. *Acta Orthop. Scand.* 46, 71, 1975.
98. Willner, S., Nilsson, KO., Kastrop, K., Bergstrand, CG.: Growth hormone and somatomedin A in girls with adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Paediatr. Scand.* 65, 547, 1976.
99. Wyatt, MP., Barrack, RL., Mubarak, SJ., Whitecloud, TS., Burke, SW.: Vibratory response in idiopathic scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 68B, 714, 1986.
100. Wynne-Davies, R.: Familial idiopathic scoliosis. A familial survery. *J. Bone Joint Surg.* 50B, 24, 1968.
101. Wynne-Davies, R.: idiopathic scoliosis. Heritable disorders in orthopaedic practice. London, Blackwell Scientific Publication, 166, 1973.
102. Yamada, K., Ikata, T., Yamamoto, H., Nakagowas, Y., Tamaka, H. and Tezuka, A.: Equilibrium functon in scoliosis and active correction plaster jacket for the treatment. *Tokushima J. Exp. Med.* 15 I, 1969.
103. Yamada, K., Yamamoto, H., Nikagawa, Y., Tezuka A. Tamura, T. and Kawata, S.: Etiology of idiopathic scoliosis. *Clin. Orthop.* 184, 50, 1984.
104. yamada, K., Yamamoto, H., Tamura, T., Tezuka, A.: Development of scoliosis under neurological basis particularly in relation with brain stem abnormalities. *J Bone Joint Surg.* 56A, 1764, 1974.
105. Yamamoto, H.: A postural disequilibrium as an etiological factor in idiopathic scoliosis. 17th. Annual Scoliosis Research Society, Denver, 1982.
106. Yamamoto, H.: A postural disequilibrium as an etiological factor in idiopathic scoliosis. *Pathogeneisi of idiopathic scoliosis*. Ed. Scoliosis Research Soceoty 211, 1984.
107. Yamamoto, H., Tani, T., Sadahiro, T., Kawauchi, T., Nakatani, K.: A neurophysiological pronostication in idiopathic scoliosis. Presented at the Annual Meeting of the Scoliosis Research Society, Montreal, 1981.
108. Yamamoto, H., Tani, T., Mac Ewen, GD., Herman, R.: An evaluation of brain stem function as a prognostication of early idiopathic scoliosis. *J Pediatr. Orthop.* 2, 521, 1982.
109. Yarom, R., Carmy, O., Robin, GC., More, R.: Diffusion chamber cultures of muscle from patients with scoliosis. *Hum. Pathol.* 21/7, 623, 1981.
110. Yarom, R., Robin, GC.: Muscle pathology in idiopathic scoliosis. *ISR. J. Mell. Sci* 15/II, 917, 1979.
111. Yarom, R. Robin, GC.: Studies on spinal and peripheral muscles from patients with scoliosis. *Spine*, 4, 12, 1979.
112. Yarom, R., Robin, GC., Gorodetsky, R.: X-Ray fluorescence analysis of muscles in scoliosis. *Spine*, 3/7, 142, 1978.
113. Yarom, R., Wolf, E., Muhlrad, A., Robin, G.: Neuromuscular causes of idiopathic scoliosis. Ed. Scoliosis Research Soceity: *Pathogenesis of idiopathic scoliosis*. 153, 1984.
114. Zaleske, DJ., Ehrlich, MG. and Hall, JE.: Association of glicosaminoglycan depletion and degradative enzyme activity in scoliosis. *Clin. Orthop.*, 148, 1980.
115. Zetterberg, C., Aniansson, A. Grimby, G.: Morphology of the paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 8/5, 457, 1983.
116. Zetterberg, C., Bjork, R., Ortengren, R. and Adersson, GBY.: Electromyography of the paravertebral muscles in idiopathic scoliosis. *Acta Orthop. Scand.* 55, 304, 1984.
117. Zuck, T.: The role of spinal and abdominal muscles in the pathogenesis of scoliosis. *J. Bone Joint Surg.* 44B, 102, 1962.