



Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología

ISSN: 1852-7434

publicaciones@aaot.org.ar

Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología
Argentina

Falconi, Boris; Remondino, Rodrigo G.; Piantoni, Lucas; Tello, Carlos A.; Galaretto, Eduardo; Frank, Sofía; Noel, Mariano A.

Sistema de barras magnéticas. Resultados y complicaciones

Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología, vol. 88, núm. 3, 2023, Mayo-Junio, pp. 302-313
Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología
Argentina

DOI: <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2023.88.3.1537>

- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de barras magnéticas. Resultados y complicaciones

Boris Falconi, Rodrigo G. Remondino, Lucas Piantoni, Carlos A. Tello, Eduardo Galaretto, Sofía Frank, Mariano A. Noel

Servicio de Patología Espinal, Hospital de Pediatría "Prof. Dr. Juan P. Garrahan", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: El uso del sistema de barras magnéticas para el tratamiento de la escoliosis de comienzo temprano es un método utilizado en los últimos 10 años; su eficacia está respaldada por la bibliografía, pero no está exento de complicaciones. **Objetivo:** Analizar retrospectivamente una serie de 37 pacientes tratados con barras magnéticas en escoliosis de comienzo temprano. **Materiales y Métodos:** Se realizó un estudio retrospectivo entre 2014 y 2019. Se dividió a los pacientes en: grupo 1 (procedimientos primarios con barras magnéticas) y grupo 2 (conversiones de sistema tradicional a barras magnéticas). **Resultados:** Se incluyó a 19 niñas y 18 niños (edad promedio 8 años al operarse), las etiologías fueron variadas. Entre el grupo 1 (n = 28) y el grupo 2 (n = 9), el seguimiento promedio posoperatorio fue de 3.6 años. El valor angular promedio preoperatorio de escoliosis era de 64° (rango 39°-101°) y el de cifosis, de 51° (rango 7°-81°). El valor angular promedio de escoliosis en el posoperatorio inmediato fue de 41° (rango 17°-80°) y el de cifosis, de 34° (rango 7°-82°). Se produjeron 2 roturas de barra y una cifosis de unión proximal, 2 aflojamientos de tornillos proximales, una falla del sistema de distracción de barras magnéticas y una infección del sitio quirúrgico. **Conclusiones:** Nuestros resultados preliminares, aunque son a corto plazo, sugieren que la barra magnética podría ser un método eficaz en este tipo de enfermedad.

Palabras clave: Escoliosis; comienzo temprano; barras de crecimiento controlado magnéticamente; cirugía; columna; deformidad de columna; pediatría.

Nivel de Evidencia: IV

Magnetically-Controlled Growing Rods. Outcomes and Complications

ABSTRACT

Introduction: Magnetic Expansion Control (MAGEC) Spinal Growing Rods are a novel treatment for early-onset scoliosis (EOS). Although its efficacy is supported by the literature, it is not without complications. **Materials and Methods:** The aim of this study was to retrospectively analyze a series of 37 cases treated with MAGEC between 2014 to 2019. We performed a retrospective study and divided the population into two groups: GI (primary procedures with MAGEC) and GII (conversions from traditional system to MAGEC). **Results:** The study included 19 girls and 18 boys with a mean age of 8 years and a variety of etiologies. The average postoperative follow-up time for Group I (n=28) and Group II (n=9) was 3.6 years. The average preoperative angular value (AV) of scoliosis was 64° (39°-101°) and kyphosis 51° (7°-81°). The postoperative scoliosis AV was 41° (17°-80°) and kyphosis 34° (7°-82°). We found 2 rod ruptures and one proximal union kyphosis, two proximal screw loosening, one MAGEC distraction system failure, and one surgical site infection. **Conclusions:** Although our preliminary results are short term, they suggest that MAGEC could be an effective method.

Keywords: Early onset scoliosis; magnetic controlled growth rods; scoliosis; pediatric spine surgery; spinal deformity.

Level of Evidence: IV

INTRODUCCIÓN

La escoliosis en niños <10 años de edad se define como escoliosis de comienzo temprano (ECT),^{1,2} puede ser de origen neuromuscular, sindrómico, congénito o idiopático.³ La evolución natural llevaría posiblemente a la progresión grave de la curva escoliótica o cifótica y a comprometer el desarrollo de órganos en pleno crecimiento, con más frecuencia, los pulmones y el corazón.^{4,5} Esta alteración motivaría una pronta instauración de un tratamiento para detener la progresión de la deformidad y lograr un desarrollo fisiológico.⁶

Recibido el 10-3-2022. Aceptado luego de la evaluación el 14-7-2022 • Dr. BORIS FALCONI • borisfalconi07@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-2334-4036>

Cómo citar este artículo: Falconi B, Remondino RG, Piantoni L, Tello CA, Galaretto E, Frank S, Noel MA. Sistema de barras magnéticas. Resultados y complicaciones. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2023;88(3):302-313. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2023.88.3.1537>

El desarrollo fisiológico del tórax y su contenido, en condiciones normales, transcurre con una velocidad variable de crecimiento que se extiende desde el nacimiento hasta la madurez esquelética.⁷ Una cirugía de fusión espinal temprana de columna ocasiona la pérdida potencial de crecimiento del raquis. En la bibliografía internacional, se sugiere evitarla, más aún cuando involucra la columna torácica en crecimiento, debido a la posibilidad de restricción del desarrollo de la caja torácica durante el crecimiento del niño inmaduro esqueléticamente.⁸ Múltiples técnicas ortopédicas y quirúrgicas con instrumentación de la columna o sin este procedimiento tratan de modular el crecimiento de la columna con deformidad, así como el desarrollo de la caja torácica y su contenido.⁹ Yang y cols. describen clasificaciones para optar por un determinado tratamiento,¹⁰ aunque las variadas causas de la ECT siguen siendo un desafío al seleccionar un tratamiento acorde para cada paciente en particular.

Una técnica muy utilizada es la de “crecimiento guiado” o “crecimiento amigable” que hace referencia a una forma de instrumentar la columna, de manera que permita el desarrollo de la caja torácica, el abdomen y la pelvis en los pacientes pediátricos.^{11,12} En 2019, Cheung y cols. publicaron la primera serie de pacientes con ECT tratados con barras magnéticas (BM).¹³ A partir de 2014, la *Food and Drug Administration* de los Estados Unidos autorizó el uso del sistema de crecimiento guiado por BM (MCGR Magnetically Controlled Growing Rods; NuVasive, CA, EE.UU.).^{13,14} Desde entonces, nuestra institución comenzó a utilizar BM para tratar la ECT. Otros autores han publicado resultados alentadores con esta técnica, y resaltan la posibilidad de disminuir la cantidad de distracciones sucesivas en el quirófano.^{14,15} Choi y cols., y Obid y cols. destacaron la ventaja de poder controlar la progresión de la curva escoliótica en forma eficaz y no invasiva, luego de la primera cirugía.^{15,16} Una vez colocado el sistema mediante una cirugía convencional, los controles y la distracción posteriores se realizan de manera ambulatoria y, en consecuencia, no solo podría disminuir la cantidad de cirugías y complicaciones, y el costo hospitalario, sino que también mejoraría la calidad de vida del niño.^{17,18}

Sin embargo, en comparación con los sistemas tradicionales de crecimiento guiado, las BM no están exentas de complicaciones, su corto período de uso y seguimiento no genera una certeza sobre el perfil acabado de posibles complicaciones, tanto propias del sistema mecánico o por razones inherentes, como otro tipo de instrumentaciones.

El objetivo de este estudio fue evaluar, en forma retrospectiva, nuestra experiencia en una serie de pacientes con ECT tratados con el sistema de BM durante un seguimiento promedio de tres años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó retrospectivamente a 37 niños con diagnóstico de ECT, en una única institución de nivel III. El sistema de BM fue utilizado en una cirugía convencional, cuatro cirujanos *senior* estuvieron a cargo de las intervenciones entre 2014 y 2020.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes con ECT operados con BM e historia clínica y estudios por imágenes pre- y posoperatorios completos. Los criterios de exclusión fueron: pacientes con ECT tratados con otros métodos, cirugía torácica/abdominal previa y antecedente de infecciones o tumores toracoabdominales.

Mediante espinogramas, se analizaron las variaciones del ángulo de Cobb de la curva escoliótica principal y el ángulo de cifosis/lordosis, antes de colocar las BM y después (n = 37).

Se registraron las variaciones de distancia T1-T12 y T1-S1 en escala. Las distancias de T1 a T12 y de T1 a S1 se definieron como las distancias comprendidas entre la línea paralela a la placa terminal superior de T1 e inferior de T12, y superior a T1 y superior a S1 en una radiografía posteroanterior de columna completa, respectivamente. Se documentaron los tipos de sistemas de construcción y los niveles de fijación.

RESULTADOS

Se evaluó a 37 pacientes, 19 niñas y 18 niños, con una edad promedio de 8.2 años en el momento de la cirugía (rango 4-12). Las etiologías de la ECT eran: escoliosis neuromuscular (atrofia medular espinal, miopática, encefalopatías crónicas no evolutivas) (17 pacientes), escoliosis síndrómica (Silver-Russell, William, Prader-Willi, Escobar, Marfan, neurofibromatosis, genéticas, displasia esquelética) (14 pacientes), escoliosis idiopática infantil (3 pacientes), escoliosis congénita (3 pacientes) (Figura 1).

Las conversiones a BM se realizaron en pacientes con escoliosis de origen síndrómico (6 casos), escoliosis congénita (1 caso), escoliosis neuropática (1 caso) y en otro con escoliosis idiopática infantil tratada desde los 2 años de vida con corsé de yeso, bajo anestesia, sucesivos corsés termoplásticos y barras de crecimiento tradicionales, al agotarse la posibilidad de elongación, se decidió la conversión a BM (Figura 2).

La decisión de realizar construcciones de BM con doble barra (n = 22) y barra única (n = 15) se basó en la talla, el peso, la cobertura y la gravedad del cuadro. El promedio de niveles instrumentados fue de 5,1 (rango 4-6).



Figura 1. Paciente de 7 años con atrofia espinal tipo II. **A.** Espinograma de frente, preoperatorio **B.** Espinograma de perfil preoperatorio. **C.** Espinograma de frente, luego de colocar la barra magnética. **D.** Espinograma de frente, luego de colocar la barra magnética. **E.** Espinograma de perfil. Culminación de las distracciones de la barra magnética. **F.** Espinograma de perfil. Culminación de las distracciones de la barra magnética.

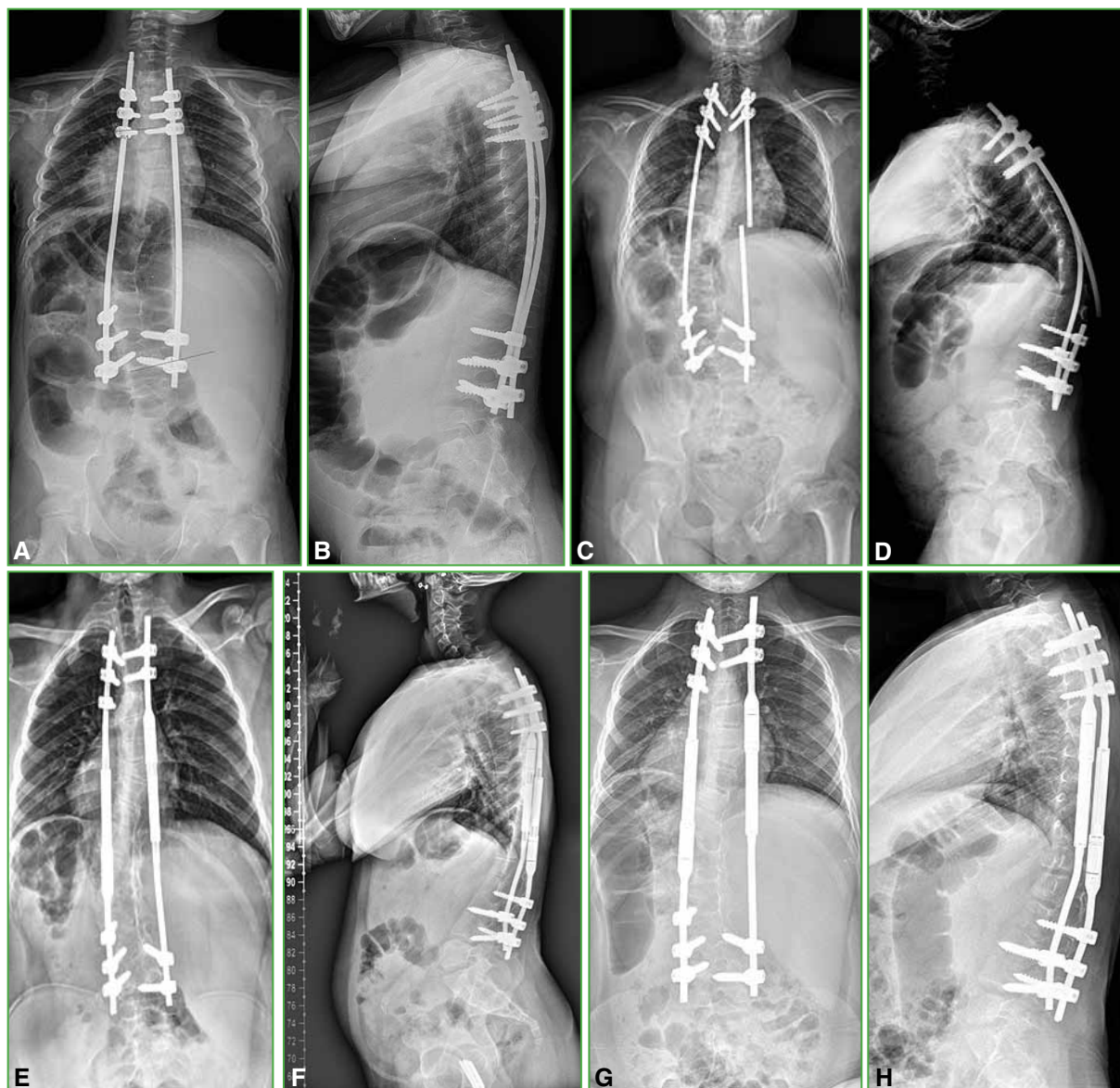


Figura 2. Paciente de 8 años con displasia esquelética. **A.** Espinograma de frente preoperatorio. **B.** Espinograma de perfil preoperatorio. **C.** Espinograma de frente. Se observa la fatiga del material de distracción. **D.** Espinograma de perfil. Se observa la fatiga del material de distracción. **E.** Espinograma de frente. Retiro del material y colocación de barras magnéticas. **F.** Espinograma de perfil. Retiro del material y colocación de barras magnéticas. **G.** Espinograma de frente. Culminación de las distracciones sucesivas con barras magnéticas. **H.** Espinograma de perfil. Culminación de las distracciones sucesivas con barras magnéticas.

Se dividió a los 37 pacientes en dos grupos: grupo 1 (n = 28), aquellos sometidos inicialmente a tratamiento con el sistema de BM, la edad promedio al operarse era de 8.1 años (rango 4-12), con un seguimiento promedio de 3.1 años (rango 1-6), desde 2014 hasta 2020.

En el grupo 1, el valor angular promedio de escoliosis era de 64° (rango 39°-101°) antes de la cirugía, y de 41° (rango 17°-80°) en el posoperatorio inmediato. El valor angular promedio de cifosis preoperatorio era de 51° (rango 22°-111°) y de 34° (rango 7°-82°) en el posoperatorio.

La distancia preoperatoria registrada promedio T1-T12 fue de 147 mm (rango 95-190) y de 169 mm (rango 104-217) en el posoperatorio inmediato. La distancia preoperatoria promedio T1-S1 era de 253 mm (rango 205-288) y de 306 mm (rango 215-354) en el posoperatorio inmediato (Tabla 1).

Tabla 1. Colocación del sistema de barras magnéticas primarias

Caso	Sexo	Etiología de base	Edad (años)	Primaria/Convulsión	4,5/5,5 mm	Nº de barras	Nº de distracciones	Niveles apical y distal	Distracción (mm)	Cobij. preop. (°)	Cifosis preop. (°)	T1-T2 preop. (mm)	T1-T2 postop. (mm)	T1-S1 postop. (mm)	Complicaciones intraop.	Complicaciones postop.	Infección del sitio quirúrgico	Seguimiento (años)
1	M	Síndrome de Williams	6	Primaria	5,5	2	6	T2-T3 L2-L3	ST 30 OF 32	70	37	143	170	335	No	No	No	2014/9
2	M	NFI	10	Primaria	5,5	2	10	T2-T3-T4 L2-L3	ST 39 OF 35	98	28	162	217	354	No	No	No	2017/5
3	M	ECNE	7	Primaria	5,5	1	3	T3-T4-T5 L2-L3-L4	12	47	60	139	183	295	No	No	No	2017/6
4	F	ECNE	7	Primaria	5,5	1	6	T2-T3 L2-L3	32	100	111	157	171	293	No	No	No	2016/8
5	F	ECNE	4	Primaria	5,5	1	8	T2-T3 L2-L3-L4	32	95	86	95	104	215	No	No	No	2017/6
6	M	Escoliosis neurológica	5	Primaria	4,5	2	6	T2-T3-T4 L3-L4-L5	24/25	91	51	118	154	271	No	No	No	2018/11
7	M	Síndrome de displasia ósea	9	Primaria	5,5	2	8	T3-T4 L3-L4	ST 27 OF 28	46	22	190	168	313	No	No	No	2017/9
8	F	Síndrome de Prader-Willi	6	Primaria	4,5	2	6	T2-T3-T4 L1-L2-L3	ST 35 OF 35	65	64	160	171	312	No	No	No	2018/11
9	F	Escoliosis miopática	9	Primaria	4,5	2	7	T4-T5-T6 L1-L2-L3	35	68	22	162	202	351	No	No	No	2016/4
10	M	AME	7	Primaria	4,5	1	7	T4-T5-T6 L5-S1	35	45	103	132	168	321	No	No	No	2017/12
11	M	AME	7	Primaria	4,5	1	1	T3-T4-T5 L3-L4-L5	5	60	60	136	170	333	No	No	No	2016/11
12	M	Escoliosis neurológica	7	Primaria	4,5	2	5	T3-T4-T5 L3-L4	20mm	47	49	201	215	350	No	No	No	2019/9
13	F	Escoliosis idiopática	5	Primaria	4,5	2	5	T3-T4 L2-L3	20mm	57	58	151	161	303	No	No	No	2020/2
14	M	Escoliosis sintomática	10	Primaria	5,5	2	2	T2-T3-T4 L4-L5 apical	ST 10 OF 10	51	40	187	195	360	No	No	No	2019/4
15	F	Escoliosis neurológica	7	Primaria	5,5	2	2	T3-T4 L3-L4	ST 10 OF 12	71	27	152	174	310	No	No	No	2019/9
16	F	Síndrome de Prader-Willi	9	Primaria	5,5	2	7	T3-T4-T5 L3-L4-L5	ST 34 OF 35	57	48	182	208	357	No	No	No	2019/1
17	F	Escoliosis miopática	12	Primaria	5,5	1	5	T3-T4-T5 L3-L4-L5	25	89	60	130	196	315	No	Rotura de barra	No	2016/1
18	F	Escoliosis miopática	10	Primaria	5,5	1	6	T2-T3-T4 L2-L3	30	69	90	154	172	273	No	No	No	2016/3
19	F	Disostosis muscular congénita	12	Primaria	5,5	1	7	T3-T4-T5 L2-L3-L4	35	70	40	130	167	287	No	No	No	2018/1
20	M	Escoliosis miopática	8	Primaria	5,5	1	5	T2-T3-T4 L2-L3-L4	20	88	67	179	196	317	No	No	No	2018/5
21	M	EUJ	10	Primaria	5,5	1	5	T2-T3-T4 L1-T12	20	60	51	162	186	303	No	No	No	2018/11
22	F	Escoliosis sintomática	10	Primaria	5,5	1	4	T3-T4-T5 T12-L1-L2	16	68	30	156	177	315	No	No	No	2018/10
23	F	Escoliosis congénita	8	Primaria	5,5	2	1	T3-T4 L3-L4	ST 5 OF 5	74	18	179	184	307	No	No	No	2019/5
24	F	Escoliosis sintomática	10	Primaria	5,5	1	3	T3-T4-T5 L2-L3	15	84	44	168	203	322	No	Falla de barra	No	2017/6
25	F	Escoliosis miopática	9	Primaria	5,5	1	1	T3-T4-T5 L2-L3-L4	5	58	82	154	176	278	No	No	No	2019/3
26	M	Escoliosis congénita	5	Primaria	5,5	1	6	T4-T5-L2-L3-L4	24	43	28	140	160	256	No	No	No	2019/3
27	F	Escoliosis neurológica	11	Primaria	5,5	2	5	T2-T3-L3-L4	ST 19 OF 19	67	40	164	217	330	No	No	No	2019/4
28	M	AME	11	Primaria	5,5	2	0	T3-T4-T5 L2-L3-L4	0	60	46	178	295	317	No	No	No	2019/10

M = masculino; F = femenino; NFI = neurofibromatosis 1; ECNE = encefalopatía crónica no evolutiva; EUJ = escoliosis idiopática juvenil; AME = arofia medular espinal; preop. = preoperatorio; postop. = posoperatorio; intraop. = intraoperatorio; ST = standard; OF = offset.

El grupo 2 estaba formado por la población de conversión de un sistema tradicional a uno de BM. Constaba de nueve pacientes, con una edad promedio en el momento de la cirugía de 7 años (rango 4-12). El valor angular promedio de escoliosis preoperatoria era de 56° (rango 39°-101°) y de 46° (rango 30°-76°) en el posoperatorio inmediato. El valor angular promedio de cifosis preoperatoria era de 39° (rango 7°-81°) y de 32° (rango 4°-52°) en el posoperatorio inmediato.

La distancia promedio preoperatoria T1-T12 era de 174 mm (rango 117-275) y de 183 mm (rango 138-275) en el posoperatorio inmediato. La distancia promedio preoperatoria T1-S1 era de 317 mm (rango 234-507) y de 329 mm (rango 249-507) en el posoperatorio inmediato (Tabla 2).

Tabla 2. Conversión de sistema de barras de distracción convencional a barras magnéticas

Caso	Sexo	Etiología de base	Edad	Primaria/ Conversión	4,5/5,5 mm	N.º de barras	N.º de distracciones	Niveles apical y distal	Distracción (mm)	Cobb preop. (°)	Cifosis preop. (°)	
1	M	Escoliosis congénita	10	Conversión	5,5	2	5	T2-T3 L3-L4	ST 15, OF 15	45	55	
2	M	Síndrome de Silver	12	Conversión	5,5	2	9	T3-T4-T5 L1-L2	ST 29, OF 29	39	33	
3	M	ECNE	4	Conversión	5,5	1	3	T2-T3 L2-L3-L4	12	101	50	
4	F	Escoliosis sindrómica	9	Conversión	5,5	2	6	T2-T3-T4 L1-L2-L3	ST 39 OF 35	67	56	
5	F	Síndrome de Marfan	5	Conversión	5,5	2	7	T2-T3-T4 L2-L3-L4	ST 32 OF 30	44	7	
6	M	Escoliosis idiopática	7	Conversión	4,5	2	4	T2-T2 L2-L3	ST 20-20	43	11	
7	M	Condrosdis- plasia	9	Conversión	5,5	2	5	T3-T4-T5 L2-L3-L4	ST 25 OF 25	51	81	
8	F	Síndrome de Escobar	8	Conversión	5,5	2	8	T2-T3-T4 L2-L3	ST 32 OF 30	48	41	
9	M	Escoliosis sindrómica	9	Conversión	5,5	2	4	T2-T3-T4 L2-L3	ST 23 20	70	93	
Caso	Sexo	T1-T12 preop.	T1-S1 preop.	Cobb posop. (°)	Cifosis posop. (°)	T1-T12 posop. (°)	T1-S1 posop.	Complicacio- nes intraop.	Complica- ciones mecánicas	Infección del sitio quirúrgico	Otras complica- ciones	Segui- miento (año/ meses)
1	M	157	271	36	36	157	283	No	Rotura de barra	No		2017/5
2	M	275	507	39	33	275	507	No		No		2013/5
3	M	117	234	76	50	138	249	No		Sí	Exposición de material	2017/5
4	F	168	283	59	52	172	292	No	AFTP	No		2018/9
5	F	182	309	43	4	173	315	No		No		2016/6
6	M	185	334	40	14	191	341	No	pull out tornillo proximal	No		2018/11
7	M	122	238	30	46	158	280	No	Falla de barra	No		2018/5
8	F	170	317	38	30	180	319	No		No		2016/9
9	M	166	320	36	50	180	350	No		No		2019/12

M = masculino; F = femenino; ECNE = encefalopatía crónica no evolutiva; AFTP = aflojamiento del tornillo proximal; preop. = preoperatorio/a; posop. = posoperatorio/a; intraop. = intraoperatorias.

Se produjeron siete complicaciones. En el grupo 2, hubo dos casos de aflojamiento de tornillos proximales, una cifosis de la unión proximal y uno de falla mecánica a nivel del tambor de la BM. En el grupo 1, hubo un caso de rotura de barra, uno de falla mecánica en el magneto, sin que fuera posible dilucidar la causa. Los aflojamientos de tornillos distales ocurrieron solo en el grupo 2, con sistemas de doble barra (Figuras 3 y 4).

Se detectó una complicación alejada en el grupo 2, se trató de la exposición del implante e infección profunda por *Staphylococcus aureus*, en un paciente con escoliosis neuropática. El tratamiento consistió en limpieza, desbridamiento y retiro del implante, con buenos resultados.

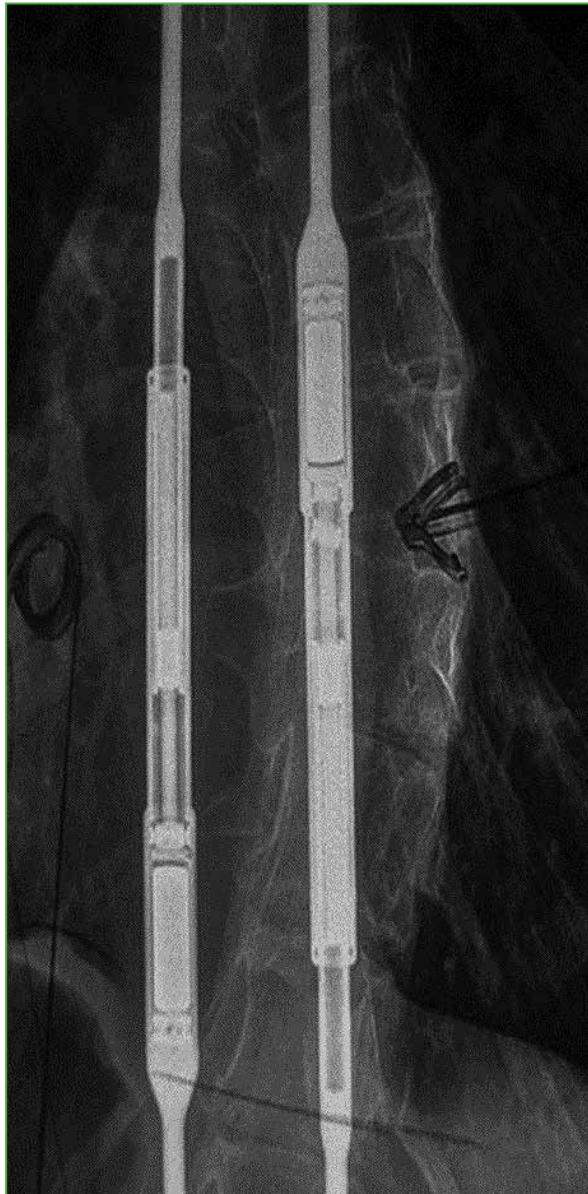


Figura 3. Rotura del clavo del magneto de la barra.



Figura 4. Retiro de la barra magnética. Se observa la metalosis.

DISCUSIÓN

Los sistemas de distracción tradicional requieren muchas cirugías en los niños con deformidad de la columna, lo que predispone a que las complicaciones sean más frecuentes, como infecciones o fusión espontánea debida a continuas agresiones quirúrgicas de los tejidos circundantes al implante; aun dilatando el tiempo entre cirugías, la tasa de complicaciones sigue siendo alta.¹⁹

La posibilidad de daño psicológico y la peor calidad de vida a causa de las múltiples cirugías y hospitalizaciones, como las reintervenciones sucesivas para la distracción,^{20,21} y el impacto socioeconómico, por los altos costos para el sistema de atención médica y también para los familiares, deberían ser tenidos en cuenta para decidir un tratamiento acorde a cada paciente.^{17,22,23}

La técnica de distracción con BM fue diseñada como una opción más en el tratamiento para la ECT. La ventaja de poder realizar repetidas distracciones no invasivas y ambulatorias, sumado a que no requiere de procedimientos anestésicos, brinda una opción muy atractiva para la implementación de este sistema en pacientes con ECT.⁹⁻¹²

Bekmez y cols. demostraron una menor cantidad de cirugías a favor de las BM comparando el sistema de BM (n = 10) y las barras tradicionales (n = 10) en 20 casos.¹⁹ Rolton y cols. comunicaron la posibilidad de reducir los costos a partir del tercer año con respecto a un sistema tradicional en comparación con las barras de crecimiento convencionales,^{18,24} aunque Rushton y cols., en 2019, sugieren que las varillas deberían cambiarse aproximadamente a los tres años de la colocación, debido a la posible falla del sistema de distracción, lo que puede aumentar el costo.²⁵

La colocación de BM es técnicamente similar a un procedimiento convencional, pero la distracción del sistema se realiza mediante un mecanismo interno de imanes, tal movimiento puede corroborarse mediante ecografía,²⁶ lo que también reduce el riesgo de excesiva radiación.^{27,28} En nuestra práctica, hemos comenzado a usar este método

ecográfico varios años atrás, que sí estima la distracción en milímetros, pero no valora el estado del implante ni el ángulo de la curva, y está sujeto a la variabilidad subjetiva inter- e intraobservador; por este motivo, creemos que es necesario tomar una radiografía, al menos, una vez al año para examinar el estado evolutivo de la deformidad y la instrumentación.

Es importante la comparación entre sistemas de BM con barra única o doble, si bien el sistema de doble barra lograría una mayor estabilidad y un mejor control mecánico de la columna vertebral,^{29,30} muchas veces, el tamaño del paciente y la cobertura cutánea pueden no brindar óptimas condiciones, esto sugiere optar por un sistema de barra única.

Los intervalos de tiempos para la distracción y la cantidad de milímetros por distraer en cada procedimiento pueden variar desde un lapso de dos meses para la primera distracción o seis meses entre la primera y la segunda. En la bibliografía, no hay datos exactos sobre este tema,³¹ como tampoco sobre la cantidad de milímetros que se deben distraer, pero se sabe que las distracciones antes de los tres meses se asocian a una mayor posibilidad de falla en la instrumentación.³²

Nuestro protocolo consistió en distracciones cada tres meses, todos los procedimientos se realizaron en el consultorio y no fue necesario el uso de quirófano, aun con dos interurrencias de dolor. La cantidad promedio de distracciones fue de cuatro en el grupo 1 (n = 28) y de cinco en el grupo 2 (n = 9). La distracción del sistema fue, en promedio, de 4,49 mm para el grupo 1 y de 4,37 mm para el grupo 2.

Las complicaciones no son infrecuentes con este sistema de BM.³³ Algunos autores, como Teoh y cols., y Lebon y cols., han publicado tasas de complicaciones altas a dos años de seguimiento, como la rotura de barras o del actuador, el aflojamiento de anclajes proximales, la metalosis local, el posible aumento de titanio en sangre con vanadio o sin él y la infección de la herida quirúrgica,^{34,35} aunque, en los últimos reportes, la frecuencia de complicaciones es variable, y se puede comparar con las de los sistemas de distracción tradicional, como lo demuestran Akbarnia y cols.,³⁶ con un 66,7% de complicaciones en una población de 12 pacientes y Heydar y cols., con una tasa de complicaciones del 6% en una población de 16 pacientes.³⁷

En nuestra serie de 37 pacientes, la tasa de complicaciones fue del 18,9%, comparable a la de las series de Ridderbusch y cols.,³⁸ y de Keskinen y cols.³⁹ que informan un 20% (n = 24) y un 30% (n = 50), respectivamente. El aflojamiento de tornillos proximales, la falla mecánica de la barra y la rotura del tambor de la BM fueron las complicaciones más frecuentes en nuestra serie (5,4% cada uno). No fue posible determinar cuál fue la causa de la falla mecánica de la barra y, en algunos de nuestros casos que superaron el seguimiento posoperatorio de este estudio, se observó una importante metalosis alrededor del tambor de la BM durante la cirugía de fusión definitiva; cabe aclarar que, si bien los reportes de Cheung y cols., y de otros autores señalan el fracaso del deslizamiento de la barra, lo asocian a un mayor índice de masa corporal, edad, distancias entre los extremos de la construcción y distancias reducidas entre los imanes internos.^{40,41}

Se produjo la fractura de la barra en nuestros grupos 1 y 2, ambos con sistemas de una y dos barras, Hosseini y cols.⁴² publicaron una tasa de roturas similares para cada sistema de una (1/8) y dos (2/15) barras. Choi y cols. comunican diferencia en la tasa de roturas similares para sistemas de 4,5 mm y 5,5 mm; en nuestros casos, ocurrieron solo en barras de 5,5 mm.¹⁵ Hubo una complicación tardía: un retiro del implante asociado a exposición del material e infección de la herida, esta complicación no es frecuente en las series publicadas.

La infección de partes blandas es frecuente en la mayoría de las series, nuestro único caso de infección se asoció a una exposición del material, esta asociación es aún menos frecuente, Choi y cols. solo informan un caso similar al nuestro.¹⁵ También se han descrito infecciones profundas o superficiales por dehiscencia, pero son pocos frecuentes.^{34,35}

Las limitaciones de este estudio son la escasa cantidad de casos e incluir pacientes tratados en una sola institución, por lo que no se logra una homogeneidad para un mejor análisis, y el seguimiento a corto plazo, aunque los pacientes continúan bajo control.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados muestran que el uso de BM como tratamiento para la ECT es confiable en la actualidad, controla y mantiene el desarrollo fisiológico de crecimiento toracolumbar. La baja tasa de complicaciones, en particular las infecciones, y la baja comorbilidad asociada a las pocas intervenciones quirúrgicas, nos llevan sostener que es un método seguro y eficaz para el tratamiento de la ECT.

Si bien los resultados a corto y mediano plazo son alentadores en nuestra serie, todavía persisten desafíos importantes e incógnitas sobre el comportamiento mecánico del implante en un seguimiento a largo plazo.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de R. G. Remondino: <https://orcid.org/0000-0002-8388-298X>

ORCID de L. Piantoni: <https://orcid.org/0000-0002-6616-9314>

ORCID de C. A. Tello: <https://orcid.org/0000-0002-1733-1004>

ORCID de E. Galaretto: <https://orcid.org/0000-0003-4121-8228>

ORCID de S. Frank: <https://orcid.org/0000-0001-9377-263X>

ORCID de M. A. Noel: <https://orcid.org/0000-0002-6668-1342>

BIBLIOGRAFÍA

- Skaggs DL, Guillaume T, El-Hawary R, Emans J, Mendelow M, Smith J, et al. Early Onset Scoliosis Consensus Statement, SRS Growing Spine Committee, 2015. *Spine Deform* 2015;3(2):107. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2015.01.002>
- Williams BA, Matsumoto H, McCalla JD, Akbarnia BA, Blakemore LC, Betz RR, et al. Development and initial validation of the classification of early onset scoliosis (CEOS). *J Bone Joint Surg Am* 2014;96(16):1359-67. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00253>
- Campbell RM, Smith MD. Thoracic insufficiency syndrome and exotic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(Suppl 1):108-22. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00270>
- Pehrsson K, Larsson S, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine (Phila Pa 1979)* 1992;17(9):1091-6. <https://doi.org/10.1097/00007632-199209000-00014>
- Hughes MS, Swarup I, Makarewich CA, Williams BA, Talwar D, Cahill PJ, et al. Expert Consensus for Early Onset Scoliosis Surgery. *J Pediatr Orthop* 2020;40(7):e621-e628. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001473>
- Calderaro C, Labianca L, Dolan LA, Yamashita K, Weinstein SL. Early-onset scoliosis treated with magnetically controlled growing rods. *Orthopedics* 2020;43(6):e601-e608. <https://doi.org/10.3928/01477447-20200910-04>
- Vitale MG, Matsumoto H, Roye DP Jr, Bye MR, Gomez JA, Booker WA, et al. A retrospective cohort study of pulmonary function, radiographic measures, and quality of life in children with congenital scoliosis: an evaluation of patient outcomes after early spinal fusion. *Spine (Phila Pa 1976)* 2008;33(11):1242-9. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181714536>
- Sankar WN, Acevedo DC, Skaggs DL. Comparison of complications among growing spinal implants. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(23):2091-6. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181c6edd7>
- Cheung KM, Cheung JP, Samartzis D, Mak K, Wong Y, Akbarnia BA, et al. Magnetically controlled growing rods for severe spinal curvature in young children: a prospective case series. *Lancet* 2012;379:1967-74. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60112-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60112-3)
- Yang S, Andras LM, Redding GJ, Skaggs DL. Early-onset scoliosis: A review of history, current treatment, and future directions. *Pediatrics* 2016;137(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2015-0709>
- Beaven A, Gardner AC, Spilbury JB, Marks DS, Mehta JS, Newton-Ede M, et al. Magnetically controlled growing rods: The experience of mechanical failure from a single center consecutive series of 28 children with a minimum follow-up of 2 years. *Asian Spine J* 2018;12(5):794-802. <https://doi.org/10.31616/asj.2018.12.5.794>
- Cyr M, Hilaire TS, Pan Z, Thompson GH, Vitale MG, Garg S, et al. Classification of early onset scoliosis has excellent interobserver and intraobserver reliability. *J Pediatr Orthop* 2017;37(1):e1-e3. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000688>
- Cheung JPY, Cheung KM. Current status of the magnetically controlled growing rod in treatment of early-onset scoliosis: What we know after a decade of experience. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2019;27(3):2309499019886945. <https://doi.org/10.1177/2309499019886945>
- Skov ST, Wijdicks SPJ, Bünger C, Castelein RM, Li H, Krut MC. Treatment of early-onset scoliosis with a hybrid of a concave magnetic driver (magnetic controlled growth rod) and a contra-lateral passive sliding rod construct with apical control: preliminary report on 17 cases. *Spine J* 2018;18(1):122-9. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.06.027>
- Choi E, Yaszay B, Mundis G, Hosseini P, Pawelek J, Alanay A, et al. Implant complications after magnetically controlled growing rods for early onset scoliosis: A multicenter retrospective review. *J Pediatr Orthop* 2017;37(8):e588-e592. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000803>

16. Obid P, Yiu K, Cheung K, Kwan K, Ruf M, Cheung JPY. Magnetically controlled growing rods in early onset scoliosis: radiological results, outcome, and complications in a series of 22 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141(7):1163-74. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03518-z>
17. Dannawi Z, Altaf F, Noordeen H, Harshavardhana NS, El Sebaie H. Early results of a remotely-operated magnetic growth rod in early-onset scoliosis. *Bone Joint J* 2013;95-B(1):75-80. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.95B1.29565>
18. Rolton D, Richards J, Nnadi C. Magnetic controlled growth rods versus conventional growing rod systems in the treatment of early onset scoliosis: a cost comparison. *Eur Spine J* 2015;24(7):1457-61. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3699-7>
19. Bekmez S, Dede O, Yazici M. Advances in growing rods treatment for early onset scoliosis. *Curr Opin Pediatr* 2017;29(1):87-93. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000432>
20. Yilmaz G, Huri G, Demirkiran G, Dağloğlu K, Ozkan C, Alanay A, et al. The effect of posterior distraction on vertebral growth in immature pigs: an experimental simulation of growing rod technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(7):730-3. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181bcc3a3>
21. Pasha S, Sturm PF. Contouring the magnetically controlled growing rods: impact on expansion capacity and proximal junctional kyphosis. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2021;31(1):79-84. <https://doi.org/10.1007/s00590-020-02743-x>
22. Tello CA. Harrington instrumentation without arthrodesis and consecutive distraction program for young children with severe spinal deformities. Experience and technical details. *Orthop Clin North Am* 1994;25:333-51. PMID: 8159406
23. Bekmez S, Afandiyev A, Dede O, Karaismailoğlu E, Demirkiran HG, Yazici M. Is magnetically controlled growing rod the game changer in early-onset scoliosis? A preliminary report. *J Pediatr Orthop* 2019;39(3):e195-e200. <https://doi.org/10.1097/bpo.0000000000001268>
24. Jenks M, Craig J, Higgins J, Willits I, Barata T, Wood H, et al. The MAGEC system for spinal lengthening in children with scoliosis: A NICE Medical Technology Guidance. *Appl Health Econ Health Policy* 2014;12:587-99. <https://doi.org/10.1007/s40258-014-0127-4>
25. Rushton PRP, Smith SL, Forbes L, Bowey AJ, Gibson MJ, Joyce TJ. Force testing of explanted magnetically controlled growing rods. *Spine (Phila Pa 1976)* 2019;44(4):233-9. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002806>
26. Yoon WW, Chang AC, Tyler P, Butt S, Raniga S, Noordeen H. The use of ultrasound in comparison to radiography in magnetically controlled growth rod lengthening measurement: a prospective study. *Eur Spine J* 2015;24(7):1422-6. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3589-z>
27. Stokes OM, O'Donovan EJ, Samartzis D, Bow CH, Luk KDK, Cheung KMC. Reducing radiation exposure in early-onset scoliosis surgery patients: novel use of ultrasonography to measure lengthening in magnetically-controlled growing rods. *Spine J* 2014;14(10):2397-404. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2014.01.039>
28. Cheung JPY, Yiu KKL, Bow C, Cheung PWH, Samartzis D, Cheung KMC. Learning curve in monitoring magnetically controlled growing rod distractions with ultrasound. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42(17):1289-94. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002114>
29. Thompson GH, Akbarnia BA, Campbell RM Jr. Growing rod techniques in early-onset scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2007;27(3):354-61. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31803333ea>
30. Heydar AM, Şirazi S, Bezer M. Magnetic controlled growing rods as a treatment of early onset scoliosis: Early results with two patients. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016;41(22):E1336-E1342. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001614>
31. Mardare M, Kieser DC, Ahmad A, Tubramanian T, Haleem S, Thakar C, et al. Targeted distraction: Spinal growth in children with early-onset scoliosis treated with a tail-gating technique for magnetically controlled growing rods. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43(20):1225-31. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002668>
32. Kwan KYH, Alanay A, Yazici M, Demirkiran G, Helenius I, Nnadi C, et al. Unplanned reoperations in magnetically controlled growing rod surgery for early onset scoliosis with a minimum of two-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42(24):E1410-E1414. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002297>
33. Zarei M, Tavakoli M, Ghadimi E, Moharrami A, Nili A, Vafaei A, et al. Complications of dual growing rod with all-pedicle screw instrumentation in the treatment of early-onset scoliosis. *J Orthop Surg Res* 2021;16(1):112. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02267-y>
34. Teoh KH, Winson DM, James SH, Jones A, Howes J, Davies PR, et al. Do magnetic growing rods have lower complication rates compared with conventional growing rods? *Spine J* 2016;16(4 Suppl):S40-S44. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.12.099>

35. Lebon J, Batailler C, Wargny M, Choufani E, Violas P, Fron D, et al. Magnetically controlled growing rod in early onset scoliosis: a 30-case multicenter study. *Eur Spine J* 2017;26(6):1567-76. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4929-y>
36. Akbarnia BA, Pawelek JB, Cheung KM, Demirkiran G, Elsebaie H, Emans JB, et al. Traditional growing rods versus magnetically controlled growing rods for the surgical treatment of early-onset scoliosis: a case-matched 2-year study. *Spine Deform* 2014;2(6):493-7. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2014.09.050>
37. Heydar AM, Sirazi S, Okay E, Kiyak G, Beze M. Short segment spinal instrumentation in early-onset scoliosis patients treated with magnetically controlled growing rods: surgical technique and mid- short-term outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)* 2017;42(24):1888-94. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002265>
38. Ridderbusch K, Rupprecht M, Kunkel P, Hagemann C, Stücker R. Preliminary results of magnetically controlled growing rods for early onset scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2017;37(8):e575-e580. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000752>
39. Keskinen H, Helenius I, Nnadi C, Cheung K, Ferguson J, Mundis G, et al. Preliminary comparison of primary and conversion surgery with magnetically controlled growing rods in children with early onset scoliosis. *Eur Spine J* 2016;25(10):3294-300. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4597-y>
40. Thakar C, Kieser DC, Mardare M, Haleem S, Fairbank J, Nnadi C. Systematic review of the complications associated with magnetically controlled growing rods for the treatment of early onset scoliosis. *Eur Spine J* 2018;27(9):2062-71. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5590-4>
41. Cheung PY, Yiu KKL, Samartzis D, Kwan K, Tan BB, Cheung KMC. Rod lengthening with the magnetically controlled growing rod: Factors influencing rod slippage and reduced gains during distractions. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43(7):E399-E405. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000002358>
42. Hosseini P, Pawelek J, Mundis GM, Yaszay B, Ferguson J, Helenius I, et al. Magnetically controlled growing rods for early-onset scoliosis: a multicenter study of 23 cases with minimum 2 years follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016;41(18):1456-62. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001561>