

TEMA DE ACTUALIZACIÓN

[Artículo traducido] Eficacia y seguridad de la tracción de halo-gravedad en el tratamiento de las deformidades de columna: una revisión sistemática de la literatura



P. Domenech^a, G. Mariscal^{a,*}, V. Marquina^b, P. Bas^a y T. Bas^a

^a Department of Orthopedic Surgery and Traumatology, La Fe University and Polytechnic Hospital, Valencia, España

^b Department of Orthopedic Surgery and Traumatology, Valencia General University Hospital, Valencia, España

Recibido el 14 de febrero de 2023; aceptado el 17 de mayo de 2023

Disponible en Internet el 23 de noviembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Tracción del
halo-gravedad;
Escoliosis;
Cifosis;
Deformidad de
columna;
Revisión sistemática

Resumen

Objetivo: Determinar, mediante una revisión sistemática, los efectos de la tracción de halo-gravedad (HGT) en las deformidades de columna.

Métodos: Se incluyeron estudios prospectivos o series de casos de pacientes con escoliosis o cifosis tratados con HGT. Los resultados radiológicos se midieron en los planos sagital y/o coronal. También se evaluó la función pulmonar. Finalmente, se recogieron las complicaciones perioperatorias.

Resultados: Se incluyeron 13 estudios. La etiología congénita fue la más frecuente. La mayoría de los estudios proporcionaron valores de corrección de la curva clínicamente relevantes en los planos sagital y coronal. Los valores pulmonares mejoraron significativamente tras el uso de HGT. Por último, existieron 83 complicaciones en 356 pacientes, siendo la infección la más frecuente (38 casos).

Conclusiones: La HGT mostró ser una intervención segura y eficaz para la deformidad, que permite la corrección antes de la cirugía. Sin embargo, existe una falta de homogeneidad en los estudios publicados.

© 2023 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Véase contenido relacionado en DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.recot.2023.05.005>

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: Gonzalo.mariscal@mail.ucv.es (G. Mariscal).

<https://doi.org/10.1016/j.recot.2023.11.022>

1888-4415/© 2023 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Halo-gravity traction;
Scoliosis;
Kyphosis;
Spine deformity;
Systematic review

Efficacy and safety of halo-gravity traction in the treatment of spinal deformities: A systematic review of the literature**Abstract**

Objective: To determine, through a systematic review, the effects of halo-gravity traction (HGT) in spinal deformity.

Methods: Prospective studies or case series of patients with scoliosis or kyphosis treated with cranial HGT were included. Radiological outcomes were measured in the sagittal and/or coronal planes. Pulmonary function was also assessed. Perioperative complications were also collected.

Results: Thirteen studies were included. Congenital etiology was the most frequent etiology observed. Most studies provided clinically relevant curve correction values in the sagittal and coronal planes. Pulmonary values improved significantly after the use of HGT. Finally, there were a pool of 83 complications in 356 patients (23.3%). The most frequent complications were screw infection (38 cases).

Conclusions: Preoperative HGT appears to be a safe and effective intervention for deformity that allows correction prior to surgery. However, there is a lack of homogeneity in the published studies.

© 2023 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En 1959, Perry y Nickel introdujeron la base para el desarrollo del halo, una ayuda para tracción y estabilización de la columna cervical¹⁻³. Dicho halo ha sido utilizado para estabilizar la patología cervical causada por etiologías heterogéneas, incluyendo patologías traumáticas, deformidades, neoplasias, artritis reumatoide o infecciones^{4,5}. Inicialmente, el halo se utilizó para reducir los riesgos adicionales de la cirugía, aportando seguridad y corrigiendo gradualmente la curvatura de la columna⁶. De igual modo, la tracción de halo-gravedad (HGT) ha sido recomendada para mitigar la curva de la escoliosis severa, y mejorar la función pulmonar previa a la cirugía^{7,8}.

La corrección de escoliosis y cifoescoliosis severa y rígida es un procedimiento quirúrgico difícil. Además, existe compromiso pulmonar significativo. El objetivo de la cirugía en estos pacientes es detener la progresión de la deformidad, reducir el tamaño de la curva, y restaurar el equilibrio del tronco, a la vez que se mejora la calidad de vida del paciente, aportando estabilidad cardiopulmonar, y evitando las secuelas a largo plazo de la enfermedad pulmonar restrictiva⁷.

Una de las complicaciones más graves asociadas a la corrección de la escoliosis severa es la incidencia significativa de insuficiencia pulmonar perioperatoria. La deformación de la caja torácica, así como la debilidad de los músculos inspiratorios y espiratorios causan enfermedad pulmonar restrictiva, además de enfermedad pulmonar obstructiva, debido a la compresión del tracto respiratorio superior⁹. Por tanto, los pacientes con escoliosis pueden presentar alteraciones preoperatorias, tales como hipoxia, hipoventilación alveolar e hipercapnia. Tras la cirugía, dichas modificaciones podrían complicar notablemente el pronóstico de los pacientes y, por tanto, dificultar la corrección efectiva y satisfactoria¹⁰. La función respiratoria tiene un impacto tanto en la función física como en la

mortalidad¹¹. En los pacientes con curvas severas superiores a 100°, el desempeño pulmonar se reduce hasta niveles comparables a los propios del síndrome de distrés respiratorio en adultos¹².

Las consecuencias neurológicas de la cifoescoliosis rígida están causadas por la tensión ejercida en la médula espinal situada en el ápex de la cifosis o escoliosis. La mejora progresiva de los déficits neurológicos puede producirse durante la HGT en casos selectivos con curvas no compensadas^{6,13}. La reducción progresiva de la curva y la mejora neurológica y pulmonar pueden permitir el logro, por parte del cirujano de columna, de una reducción del riesgo preoperatorio⁶.

Las complicaciones de la HGT difieren de manera amplia en la literatura, oscilando del 11 al 92% en los diferentes estudios, aunque muchas de ellas se clasifican como complicaciones «menores»¹⁴. Las siguientes son contraindicaciones absolutas para la colocación del halo: fractura craneal, déficit óseo, sepsis, o lesión severa del tejido blando. Las contraindicaciones relativas incluyen traumatismo torácico severo, obesidad y tórax en tonel^{7,15}.

En el presente estudio, se consideró la existencia de metaanálisis sobre el tema de interés¹⁶⁻¹⁸, pero en su lugar se eligió la revisión sistemática. Dicha decisión se basó en la naturaleza amplia del tema de investigación, que abarcó múltiples cuestiones y enfoques. Además, los datos de los estudios incluidos mostraron una heterogeneidad significativa, lo cual dificultó la combinación de resultados en un metaanálisis. Asimismo, los datos disponibles fueron inadecuados para realizar un metaanálisis, incluyéndose diversos tipos de estudios, incluyendo los de tipo cualitativo y cuantitativo. Por tanto, se prefirió realizar una revisión sistemática para ofrecer una síntesis narrativa de la literatura e identificar las áreas que precisan mayor investigación.

Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar, mediante una revisión sistemática, la eficacia y seguridad de la HGT en la deformación de la columna.

Métodos

Criterios de elegibilidad

Seguimos la estrategia PICO. Participantes: Pacientes menores de 30 años, la mayoría pacientes pediátricos con deformidad de columna debido a etiologías idiopáticas, congénitas, neuromusculares o sindrómicas, entre otras. Debido a la heterogeneidad de los estudios, el punto de corte de 30 años fue establecido por parte de los cirujanos especializados en deformidad de la columna pediátrica. Intervención: Series de casos o estudios de cohortes prospectivos que analizaron la eficacia o seguridad de HGT en el tratamiento de las deformidades de la columna. Comparación: Dichos estudios comparan la eficacia y complicaciones del procedimiento HGT midiendo la magnitud de la curva, la función pulmonar y los episodios adversos. Resultados: Las medidas del resultado primario fueron el ángulo de Cobb en los planos sagital y coronal. Los resultados secundarios fueron la función pulmonar medida mediante la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espirado forzado en el primer segundo VEF1, VEF1/CV o índice de Tiffenau, y flujo espiratorio máximo (PEF). Por último, registramos los episodios adversos encontrados durante el seguimiento.

Fuentes de información

Esta revisión sistemática fue realizada de acuerdo con los criterios PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (fig. 1)¹⁹. Realizamos las búsquedas de estudios en las bases de datos siguientes, reconocidas por la comunidad científica: Cochrane Library Plus, Pubmed (MEDLINE), PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*), SCOPUS y EMBASE.

Estrategia de búsqueda y selección de los estudios

La fecha de corte de las publicaciones fueron los últimos 20 años. Se utilizaron los siguientes términos MESH (*Medical Subject Headings*): «Halo AND spine», «Halo AND spine deformity», «Halo AND scoliosis», y «Halo AND cifosis», limitándose la búsqueda a la lengua inglesa. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: estudios prospectivos o series de pacientes tratados con HGT craneal; estudios que incluyeran al menos cualquiera de los resultados siguientes: etiología de escoliosis o cifosis, resultados radiológicos medidos mediante el ángulo de Cobb antes y después del seguimiento en los planos sagital y/o coronal, y función pulmonar. Los criterios de exclusión fueron los estudios que utilizaron tracción tras la cirugía, los estudios centrados en una única etiología, los pacientes mayores de 30 años, los estudios que no trataran humanos, los estudios iguales, los estudios que utilizaran tracción femoral y otro procedimiento quirúrgico u ortopédico, y los estudios que no compartieran variables (fig. 1).

Extracción de los datos e ítems

Extrajimos los siguientes datos basales de cada estudio: número de pacientes, sexo, edad media, altura, peso,

seguimiento, y peso máximo/medio del halo. Las variables relacionadas con la eficacia del uso de la HGT fueron los resultados radiológicos y los resultados de la función pulmonar. Se recopilaron las etiologías más frecuentes de cada estudio. Los resultados radiológicos incluyeron el ángulo de Cobb en los planos sagital (cifosis) y coronal (escoliosis). De los resultados radiológicos se obtuvieron la diferencia media entre el ángulo de Cobb antes del halo y al final del seguimiento. Además, se obtuvieron la desviación estándar y el rango de los artículos, así como la significación estadística. La función respiratoria se evaluó mediante la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo VEF1, VEF1/CV o índice de Tiffenau, y el flujo espiratorio máximo (PEF). También se obtuvo la significación estadística aportada por los estudios.

Riesgo de sesgo de los estudios individuales

La calidad de los estudios incluidos fue evaluada de manera independiente por dos autores utilizando los criterios MINORS (*Methodological Index for Non-Randomized Studies*) (tabla 1), estableciéndose para evaluar la calidad de los estudios comparativos y no comparativos, siendo 24 la puntuación máxima para los estudios comparativos, y 16 para los no comparativos. Para estos últimos, las puntuaciones de 0 a 4 correspondieron a calidad muy baja, de 5 a 7 correspondieron a calidad baja, de 8 a 12 correspondieron a calidad buena, y ≥ 13 correspondieron a calidad alta. Para los estudios comparativos, las puntuaciones de 0 a 6 correspondieron a calidad muy baja, de 7 a 10 correspondieron a calidad baja, de 11 a 15 correspondieron a calidad buena, y ≥ 16 correspondieron a calidad alta.

Evaluación de los resultados

Esta revisión sistemática se realizó utilizando una hoja de cálculo Excel (v.16.52 para IOS). Para las variables cuantitativas se utilizaron media, desviación estándar, rango y significación estadística de cada estudio. No pudo realizarse una comparación estadística o metaanálisis de los estudios ya que estos no midieron las variables del mismo modo, y la mayoría de ellos no aportaron desviaciones estándar, intervalo de confianza o significación estadística de sus resultados. Los valores *p* inferiores a 0,05 se consideraron estadísticamente significativos.

Resultados

Características de los estudios

La tabla 1 refleja las características de los estudios incluidos^{4,6,20–27}, incluyéndose 13 estudios entre 2001 y 2020. El número de pacientes varió entre 8 y 68. La edad media varió entre los diferentes estudios, siendo los pacientes pediátricos los más numerosos, aunque 3 artículos incluyeron pacientes adultos. El peso máximo/medio del halo varió entre el 25 y el 50% del peso de los pacientes. El seguimiento osciló entre 14 y 105 días, comparando los estudios con menor y mayor periodo de seguimiento, respectivamente.

Tabla 1 Características demográficas de los estudios incluidos y corrección media de escoliosis/cifosis

	Koller et al., 2012	Koptan et al., 2012	Li et al., 2017	Pourtaheri et al., 2016	Bogunovic et al., 2012	Sink et al., 2001	Limpa- phayom et al., 2009	Caird et al., 2006	Bao et al., 2016	Iyer et al., 2019	Rocos et al., 2021	Hwang et al., 2020	Nemani et al., 2015
N	45	21	11	8	33	19	68	13	21	30	24	59	29
Hombres	14	–	4	5	11	13	37	10	7	15	–	13	17
Mujeres	31	–	7	3	22	6	31	3	14	15	–	46	12
Edad media (aa)	24 ± 14	18	19 ± 8	7	12,8	7	10	2,2	2,2	9 ± 2,3	11,8	15,2 ± 5,12	14 ± 5
Altura (cm)	149 ± 13	–	141 ± 19	–	–	–	–	–	–	–	–	149,7 ± 18,6	–
Peso (kg)	47 ± 14	–	37 ± 16	–	–	–	–	–	–	–	–	44,3 ± 15,8	–
Duración de la tracción de halo (días)	30 ± 14	14	70 ± 14	32	70	91	105	–	76	42	42	22	–
Peso máximo/ medio del halo	33 ± 9%	30-50%	50 ± 5	33-50%	33-50%	25-50%	40%	–	30%	20-50%	50%	50%	20- 50%
Protocolo del halo	Liberación anterior abierta + HGT ± Libera- ción posterior de la columna	Liberación ante- rior + HGT + Instru- menta- ción posterior	HGT + cirugía	HGT + Liberación ante- rior + instrumen- tación posterior basada en dis- tracción	HGT + cirugía	HGT + cirugía	HGT + cirugía	HGT + cirugía	HGT + cirugía	HGT + cirugía	HGT + HGT intraope- ratorio	HGT + cirugía	HGT + cirugía
Corrección de cifosis	15	–	23,5 ± 12,7	30	31,1	25	–	–	49,3	32,6 ± 9	–	–	28,4
Corrección de escoliosis	16 ± 12	–	33,5 ± 18,7	30	34	28	–	–	56,8	34 ± 9	–	33,6	46,2
MINORS	12	12	12	11	12	12	15	13	13	11	13	15	14

MINORS: *Methodological Index for Non-Randomized Studies* (Índice metodológico para estudios no aleatorizados).

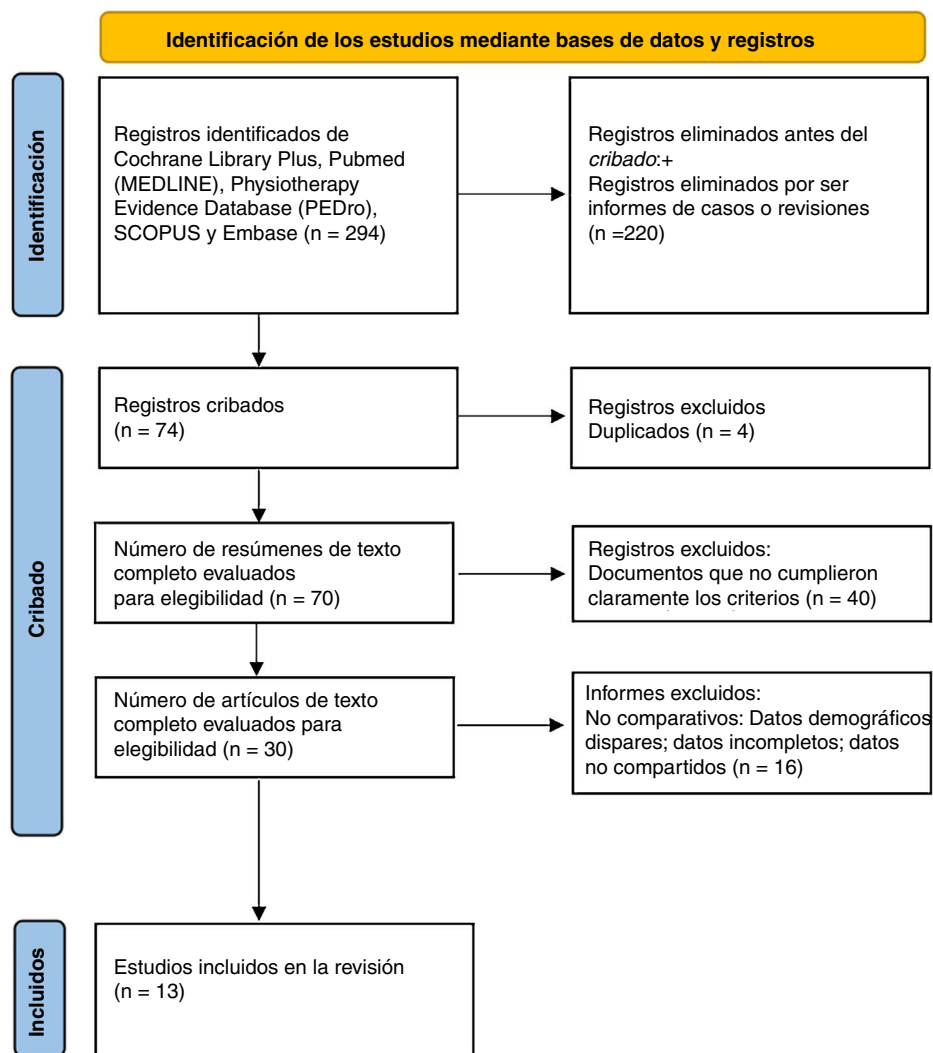


Figura 1 PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*).

Etiología

Trece estudios analizaron la etiología de los pacientes detenidamente. Dicha etiología incluida en los artículos se muestra en la [tabla 2](#). La etiología de tipo idiopático (24,6%) fue la más frecuentemente observada, seguida de la de tipo congénito (19,4%), sindrómico (16,6%), traumático (14,8%) y neuromuscular (9,7%).

Escoliosis y cifosis

Nueve estudios incluyeron la diferencia entre el ángulo de Cobb inicial y el medido tras el seguimiento, al utilizar HGT. Dicha diferencia fluctuó de 16° en el estudio con la menor corrección (Koller 2012) y 56,83° (Bao 2016). Siete estudios proporcionaron la diferencia entre el ángulo de Cobb en el plano sagital al inicio y al final del seguimiento utilizando halo. Esta diferencia osciló entre 15° en el estudio con la menor corrección (Koller 2012) y 49,27° (Bao 2016).

Función pulmonar

La función pulmonar se muestra en la [tabla 3](#), incluyendo 4 estudios el resultado de dicha función. En cuanto a CVF, 3 estudios mostraron un incremento de la misma tras el seguimiento con halo, 2 de los cuales proporcionaron un valor *p* significativo. En cuanto a VEF1, 2 estudios mostraron un incremento significativo de VEF1 al final del seguimiento. En cuanto a VEF1/CVF evaluado en 3 estudios, ninguno reflejó un incremento significativo. Por último, PEF reflejó una mejora significativa en 2 estudios.

Complicaciones

Las complicaciones se muestran en la [tabla 4](#). Se incluyeron 11 estudios, y existieron 83 complicaciones en 356 pacientes. La complicación más frecuente fue la infección del tornillo (38), seguida de complicaciones neurológicas (13), pérdida o aflojamiento del tornillo (12), náuseas y vómitos (8), complicaciones relacionadas con el chaleco (7), penetración en el cráneo (3), y mareo (2).

Tabla 2 Etiología presentada por los estudios incluidos

Koller et al., 2012	Li et al., 2017	Pourtaheri et al., 2016	Bogunovic et al., 2012	Sink et al., 2001	Limpaphayom et al., 2009	Caird et al., 2006	Bao et al., 2016	Iyer et al., 2019	Rocos et al., 2021	Hwang et al., 2020	Nemani et al., 2015
Congénita 23	Idiopática 8	Displasia 7	Idiopática 15	Congénita 5	Sindrómica 16	Traumática 6	Congénita 7	Idiopática 24	Idiopática 7	Idiopática 35	Idiopática 9
Neuro-muscular 7	Congénita 3	Sindrómica 1	Sindrómica 11	Sindrómica 5	Tumor 12	Sindrómica 3	Neuro-muscular 6	Congénita 3	Neuro-muscular 5	Neuro-muscular 7	Neuro-muscular 1
Neuro-fibromatosis 5			Neuro-muscular 4	Idiopática 4	Traumática 9	Idiopática 1	Idiopática 5	Sindrómica 1	Congénita 3	Congénita 2	Congénita 11
Sindrómica 5			Congénita 3	Neuro-muscular 1	Displasia 7	Congénita 1	Sindrómica 2	No registrado 2	Sindrómica 9	Sindrómica 15	Tuberculosis 8
Idiopática 5				Neuro-fibromatosis 1	Congénita 7	Neuro-muscular 1	Neuro-fibromatosis 2				
				Displasia 1	Idiopática 4	Hipoplasia 1					
					Neuro-fibromatosis 4						
					Torticollis 2						

Tabla 3 Resultados pulmonares tras el seguimiento

Función pulmonar	Incremento CVF	Valor <i>p</i>	Incremento VEF1	Valor <i>p</i>	Incremento VEF1/CV	Valor <i>p</i>	Incremento PEF	Valor <i>p</i>
Li et al., 2017	6,7	0,014	6,1	< 0,0001	1,7	0,068	8,2	0,003
Bogunovic et al., 2012	7,7	–	9	–	–	–	–	–
Bao et al., 2016	6,6	< 0,001	8,2	< 0,001	–2,5	–	14,6	< 0,001
Lyer et al., 2019	–0,2	0,961	–0,1	0,783	6,0	0,886	–	–

Tabla 4 Complicaciones durante el periodo de HGT

	Aflojamiento del tornillo	Náuseas/vómitos	Mareos	Infección del tornillo	Neurológicas	Penetración en el cráneo	Relacionadas con el chaleco
Koptan et al., 2012	3	–	–	2	2	–	–
Li et al., 2017	–	2	1	–	–	–	–
Pourtaheri et al., 2016	–	–	–	1	1	–	–
Bogunovic et al., 2012	–	2	1	–	–	–	–
Limpaphayom et al., 2009	–	–	–	17	6	2	7
Caird et al., 2006	1	–	–	1	–	–	–
Bao et al., 2016	–	–	–	1	–	–	–
Lyer et al., 2019	–	–	–	3	–	–	–
Rocos et al., 2021	8	–	–	–	1	–	–
Hwang et al., 2020	–	4	–	2	3	1	–
Nemani et al., 2015	–	–	–	11	–	–	–

Discusión

Sobre la base de los hallazgos de esta revisión, podemos reportar que HGT es un procedimiento efectivo que corrige la deformidad con carácter previo a la cirugía, y mejora la función pulmonar. Las complicaciones no son raras, aunque son leves y varían de un estudio a otro. En cuanto a las complicaciones neurológicas, muchos estudios no especificaron el tipo de complicación encontrado. Aquellos estudios que reportaron el tipo exacto de complicación observada reflejaron principalmente complicaciones leves, incluyendo parestesia o debilidad, que se recuperaron con el tiempo en la mayoría de los casos. Con menor frecuencia se observaron lesiones en el nervio craneal, síndrome de Horner y bradicardia en un paciente.

Los estudios incluidos se basaron en series de casos y estudios de cohortes prospectivos, por lo que la evidencia no es conclusiva; sin embargo, es difícil encontrar ensayos clínicos aleatorizados (ECA) sobre el uso de HGT, dadas sus implicaciones éticas.

En cuanto a los estudios incluidos en los últimos 20 años, existió una heterogeneidad considerable, así como falta de datos. Dicha heterogeneidad se observó en el número de pacientes incluidos. El uso de HGT no es generalizado, siendo difícil crear series grandes. La edad fue también

variable en los diferentes estudios, y estuvo relacionada con la etiología incluida por cada uno de los estudios, ya que no todos los estudios incluyeron todas las etiologías. Por ejemplo, la etiología traumática o tumoral fue incluida en muy pocos estudios, siendo esto lógico porque estas causas no son frecuentes en la edad pediátrica. Además, no existió consistencia en cuanto a la medida de los resultados, y cada uno de los estudios proporcionó los mismos en diferentes unidades. En cuanto al peso utilizado en la tracción, existió homogeneidad entre los estudios, variando aproximadamente entre el 30 y el 50% del peso total. En cuanto a la falta de datos, solo 2 series incluyeron el peso y la altura de los pacientes. Sin embargo, debe individualizarse la tracción para cada paciente.

La corrección de la deformidad cifoescoliótica fue evidente en todos los estudios. Además, dicha corrección es suficientemente grande para poder explicarse mediante el fallo de medición del ángulo de Cobb. No se produjeron diferencias entre los estudios en términos de corrección de la deformidad y el tiempo de la HGT o el peso utilizado (aunque algunos artículos no incluyeron dichas medidas). La [tabla 1](#) muestra los resultados de la corrección en los planos sagital y coronal, así como las variables demográficas, aunque no se produjeron diferencias en términos de edad del paciente.

HGT ha demostrado beneficios preoperatorios claros para el tratamiento de las deformidades graves de la columna,

lográndose en algunas series correcciones del ángulo de Cobb del 35% en el plano coronal y del 35% en el plano sagital, y optimizando también la función pulmonar en un 9%. Ello causa la liberación de la inmovilización apical de la médula espinal. Con una corrección parcial de la curva, se reduce el estrés ejercido en la médula espinal^{6,13}. Koller et al. observaron mejora neurológica preoperatoria en 5 pacientes con espasticidad, al inicio de la HGT⁶. A pesar de estos resultados, no existe consenso sobre el protocolo óptimo para la tracción y uso del halo en la práctica clínica^{4,6}. El desarrollo en la infancia podría condicionar los resultados de la HGT y la presencia de complicaciones⁷.

También deben abordarse los problemas con la HGT durante el sueño y las diferentes actividades diarias. Los estudios han reflejado que las fuerzas de distracción sobre el cuello son mucho mayores en posición supina, en comparación con la posición de pie o sentada durante el descanso²⁸.

Los resultados obtenidos en términos de función pulmonar fueron analizados por pocos estudios, de modo comparativo. En este caso es importante individualizar a los pacientes y aportar resultados clínicamente relevantes, tales como el modo en que muchos pacientes tuvieron un patrón obstructivo y el modo en que muchos dejaron de tenerlo tras el uso de HGT.

En términos de complicaciones, solo se recopilaban las que se produjeron tras la cirugía HGT. Existió heterogeneidad a la hora de clasificar las complicaciones, por lo que en este estudio incluimos menos complicaciones de cada uno de los estudios, ya que dichos estudios incluyeron como complicación la penetración del tornillo tras una caída portando la HGT. Se incluyeron algunas complicaciones tales como eritema con infección. Algunos estudios incluyeron las reintervenciones como complicación, por lo que el número de complicaciones se incrementó en los mismos. Las reintervenciones deberían considerarse de manera separada, para no sesgar el porcentaje de complicaciones. Tampoco pudimos analizar las reintervenciones, dado que pocos estudios incluyeron dichas variables, y algunos estudios no incluyeron el motivo de la reintervención. No se encontró correlación entre la tasa de complicaciones y el tiempo de uso de la HGT.

Como la mayoría de las complicaciones guardaron relación con la infección del tornillo, algunas de las medidas propuestas por la literatura para reducir las complicaciones debidas a los tornillos fueron la inserción de un mayor número de tornillos, la meticulosidad del cuidado del sitio de colocación del tornillo, el seguimiento frecuente, y la limitación de la ambulancia, ya que los niños pequeños tienen mayor probabilidad de caídas que los grupos de mayor edad. Deberá considerarse que las medidas anteriores reducen el número de complicaciones relacionadas con los tornillos^{26,29-31}.

Este estudio tiene diversas limitaciones. La muestra de pacientes en algunos estudios fue limitada; sin embargo, el uso de HGT no es común, no siendo frecuentes algunas etiologías de la escoliosis. También sería importante incluir medidas de la calidad de vida de los pacientes durante el periodo de tracción. Existió una falta de heterogeneidad de los datos estadísticos, que no nos permitió realizar una comparación adecuada. Además de la heterogeneidad inherente a la edad y la etiología de la escoliosis, existieron diferencias en cuanto al número de pacientes incluidos en cada

etiología, e incluso en las etiologías no incluidas en otros estudios. De igual modo, la heterogeneidad en cuanto a la edad y el punto de corte establecido en 30 años nos deberían llevar a considerar estos resultados con cuidado. Añadimos la variabilidad intra- e interobservador al medir la escoliosis y la cifosis utilizando el ángulo de Cobb. En algunos casos, no se realizó separación al medir la escoliosis y la cifosis. Los ángulos de Cobb frontal y sagital preoperatorios y postoperatorios no pudieron obtenerse de acuerdo con la etiología. Entre la etiología idiopática, no pudo determinarse el tipo de deformidad de acuerdo con la clasificación de Lenke. En muchos estudios no existió definición de la cifosis. De igual modo, no fue posible evaluar la tasa de corrección por día o semana con HGT. Además, la indeterminación o el nivel de evidencia de los resultados fueron bajos debido al diseño de los estudios incluidos, que fueron series clínicas o estudios de cohorte, y la heterogeneidad de los criterios de inclusión y procesos de medición, tales como el periodo con HGT. Por último, no fue posible evaluar cuantitativamente el sesgo de publicación mediante un gráfico en embudo, por lo que deberán interpretarse los resultados con precaución. De no tenerse en cuenta estas consideraciones, podría producirse una sobreestimación del efecto de los resultados.

En conclusión, esta revisión sistemática muestra que el uso de HGT en las deformidades de la columna es efectivo a la hora de reducir las curvas de escoliosis y cifosis con carácter previo a la cirugía, lo cual reduce previsiblemente el número de complicaciones de la cirugía de fusión subsecuente. El uso de HGT tiene un impacto en la función pulmonar. Sin embargo, sería necesario determinar si dicho impacto tiene relevancia clínica. En cuanto a las complicaciones, la infección del tornillo fue la más frecuente. Por último, es necesaria mayor homogeneidad entre los estudios, así como una aportación de datos más amplia.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III.

Financiación

No se recibió financiación alguna.

Conflicto de intereses

El(los) autor(es) declaró(ron) la ausencia de conflictos de interés potenciales con respecto a la investigación, autoría, y/o publicación de este artículo.

Bibliografía

1. Donnell PWO, Anavian J, Switzer JA, Morgan RA, Perry J, Figure VN. The history of the halo skeletal fixator. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:1736-9.
2. Sutton DC, Vaccaro AR, Cotler JM. Halo orthosis: indications and application technique. *Oper Tech Orthop*. 1996;6:2-5.
3. Ivancic PC, Beauchman NN, Tweardy L. Effect of halo-vest components on stabilizing the injured cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:167-75.
4. Bogunovic L, Lenke LG, Bridwell KH, Luhmann SJ. Preoperative halo-gravity traction for severe pediatric spinal deformity:

- complications, radiographic correction and changes in pulmonary function. *Spine Deform.* 2013;1:33–9.
5. Skaggs DL, Akbarnia BA, Flynn JM, Myung KS, Sponseller PD, Vitale MG. A classification of growth friendly spine implants. *J Pediatr Orthop.* 2014;34:260–74.
6. Koller H, Zenner J, Gajic V, Meier O, Ferraris L, Hitzl W. The impact of halo-gravity traction on curve rigidity and pulmonary function in the treatment of severe and rigid scoliosis and kyphoscoliosis: a clinical study and narrative review of the literature. *Eur Spine J.* 2012;21:514–29.
7. Sponseller PD, Takenaga RK, Newton P, Boachie O, Flynn J, Letko L, et al. The use of traction in the treatment of severe spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33:2305–9.
8. Shi B, Xu L, Li Y, Liu Z, Sun X, Zhu Z, et al. Pre-operative halo-gravity traction in severe neurofibromatosis type 1 and congenital scoliosis with thoracic rotatory subluxation. *Clin Neurol Neurosurg.* 2019;187:105548.
9. Koumbourlis AC. Scoliosis and the respiratory system. *Paediatr Respir Rev.* 2006;7:152–60.
10. Doherty MJ, Millner PA, Latham M, Dickson RA, Elliott MW. Non-invasive ventilation in the treatment of ventilatory failure following corrective spinal surgery. *Anaesthesia.* 2001;56:235–8.
11. Vitale MG, Matsumoto H, Bye MR, Gomez JA, Booker WA, Hyman JE, 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;33:1242–9.
12. Goldberg CJ, Gillic I, Connaughton O, Moore DP, Fogarty EE, Canny GJ, et al. Respiratory function and cosmesis at maturity in infantile-onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28:2397–406.
13. Sucato DJ. Management of severe spinal deformity: scoliosis and kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35:2186–92.
14. Van Middendorp JJ, Slooff WBM, Nellestein WR, Öner FC. Incidence of and risk factors for complications associated with halo-vest immobilization: a prospective, descriptive cohort study of 239 patients. *J Bone Jt Surg – Ser A.* 2009;91:71–9.
15. Schmolke S, Gossé F. The halo fixator. *Oper Orthop Traumatol.* 2008;20:3–12.
16. Yang C, Wang H, Zheng Z, Zhang Z, Wang J, Liu H, et al. Halo-gravity traction in the treatment of severe spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2017;26:1810–6.
17. Wang J, Han B, Hai Y, Su Q, Chen Y. How helpful is the halo-gravity traction in severe spinal deformity patients? A systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2021;30:3162–71.
18. Reed LA, Mihas A, Butler R, Pratheep G, Manoharan SR, Theiss S, et al. Halo gravity traction for the correction of spinal deformities in the pediatric population: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg.* 2022;164:e636–48.
19. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2009;6:e1000100.
20. Lye S, Duah HO, Wulff I, Osei Tutu H, Mahmud R, Yankey KP, et al. The use of halo gravity traction in the treatment of severe early onset spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019;44:E841–5.
21. Koptan W, Elmiligui Y. Three-staged correction of severe rigid idiopathic scoliosis using limited halo-gravity traction. *Eur Spine J.* 2012;21:1091–8.
22. Li X, Zeng L, Li X, Chen X, Ke C. Preoperative halo-gravity traction for severe thoracic kyphoscoliosis patients from tibet: Radiographic correction, pulmonary function improvement, nursing, and complications. *Med Sci Monit.* 2017;23:4021–7.
23. Pourtaheri S, Shah SA, Ditro CP, Holmes L, Mackenzie WG. Preoperative halo-gravity traction with and without thoracoscopic anterior release for skeletal dysplasia patients with severe kyphoscoliosis. *J Child Orthop.* 2016;10:135–42.
24. Sink EL, Karol LA, Sanders J, Birch JG, Johnston CE, Herring JA. Efficacy of perioperative halo-gravity traction in the treatment of severe scoliosis in children. *J Pediatr Orthop.* 2001;21:519–24.
25. Limpaphayom N, Skaggs DL, McComb G, Krieger M, Tolo VT. Complications of halo use in children. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34:779–84.
26. Caird MS, Hensinger RN, Weiss N, Farley FA. Complications and problems in halo treatment of toddlers limited ambulation is recommended. *J Child Orthop.* 2006;26:750–2.
27. Bao H, Yan P, Bao M, Qiu Y, Zhu Z. Halo-gravity traction combined with assisted ventilation: an effective pre-operative management for severe adult scoliosis complicated with respiratory dysfunction. *Eur Spine J.* 2016;25:2416–22.
28. Fukui Y, Krag M, Huston D, Ambrose T, Vaccaro AR. Halo vest dynamic loads: full crossover comparison of three vest types. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27:241–9.
29. Arkader A, Hosalkar HS, Drummond DS, Dormans JP. Analysis of halo-orthoses application in children less than three years old. *J Child Orthop.* 2007;1:337–44.
30. Mubarak SJ, Camp JF, Vuletich W, Wenger DR, Garfin SR. Halo application in the infant. *J Pediatr Orthop.* 1989;9:612–4.
31. Farrington DM, Tatay-Díaz A. Escoliosis de aparición precoz. ¿Qué opciones tengo? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2013;57:359–70.