



## Perbandingan Spinal Brace Fleksibel dan Rigid pada Skoliosis Idiopatik Remaja: A Systematic Review and Meta Analysis

Raden Achmad Candra Putra<sup>1\*</sup>, Satria Ardianuari<sup>2</sup>, Somsak Kuptniratsaikul<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Ortotik Prostetik, Poltekkes Kemenkes Jakarta I, Indonesia

<sup>3</sup>Departmen Orthopedi, Fakultas Kedokteran, Universitas Chulalongkorn, Bangkok, Thailand

Email: <sup>1\*</sup>candra@poltekkesjakarta1.ac.id

### Abstract

*This systematic review and meta-analysis aimed to assess the clinical outcomes of flexible versus rigid spinal braces in managing curve progression among adolescents with idiopathic scoliosis (AIS). A comprehensive search was conducted in PubMed, Embase, and Scopus up to July 7, 2021. Eligible studies directly compared the effectiveness of both brace types in AIS patients. Two independent reviewers performed screening, quality assessment using the Newcastle-Ottawa Scale and Cochrane risk of bias tool, and data extraction. From 39 full-text articles, 2 randomized controlled trials and 4 cohort studies met the inclusion criteria. Meta-analyses were performed using the Mantel-Haenszel method with a random-effects model. Pooled results showed a significant difference in treatment success at skeletal maturity between flexible and rigid braces [RR 0.72; 95% CI (0.58–0.88); P=0.001]. Subgroup analyses confirmed the robustness of these findings (P=0.001; I<sup>2</sup>=0%). Conversely, no significant differences were found in curve progression beyond 45° or curve stability two years after skeletal maturity. Overall, rigid braces made from thermoplastic materials demonstrated superior effectiveness in preventing curve progression until skeletal maturity in adolescents with idiopathic scoliosis. These results reaffirm the clinical importance of rigid bracing as the current standard of care in AIS management.*

**Keywords:** Adolescent, Clinical Outcome, Flexible Spinal Brace, Idiopathic Scoliosis, Meta-Analysis, Rigid Spinal Brace.

### Abstrak

Tinjauan sistematis dan meta-analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil klinis penggunaan brace fleksibel dibandingkan dengan brace spinal rigid dalam mengendalikan progresi kelengkungan pada remaja dengan skoliosis idiopatik (AIS). Pencarian literatur dilakukan secara komprehensif di basis data PubMed, Embase, dan Scopus hingga 7 Juli 2021. Studi yang diikuti adalah yang secara langsung membandingkan efektivitas kedua jenis brace tersebut pada pasien AIS. Dua penelaah independen melakukan seleksi, penilaian kualitas metodologis menggunakan *Newcastle-Ottawa Scale* dan *Cochrane risk of bias tool*, serta ekstraksi data. Dari 39 artikel yang ditelaah, 2 uji acak terkontrol dan 4

Penulis Korespondensi:

Raden Achmad Candra Putra | [candra@poltekkesjakarta1.ac.id](mailto:candra@poltekkesjakarta1.ac.id)

studi kohort memenuhi kriteria inklusi. Analisis meta dilakukan menggunakan metode *Mantel-Haenszel* dengan model efek acak. Hasil menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam keberhasilan terapi hingga kematangan skeletal antara brace spinal fleksibel dan kaku [RR 0,72; 95% CI (0,58–0,88); P=0,001]. Analisis subkelompok mengonfirmasi konsistensi temuan (P=0,001; I<sup>2</sup>=0%). Namun, tidak ditemukan perbedaan signifikan pada progresi kurva lebih dari 45° maupun stabilitas kurva dua tahun pasca kematangan skeletal. Secara keseluruhan, brace spinal rigid yang terbuat dari bahan termoplastik memberikan hasil yang lebih baik dalam mencegah progresi kelengkungan hingga kematangan tulang belakang. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan brace rigid tetap menjadi standar utama dalam manajemen skoliosis idiopatik remaja.

**Kata Kunci:** Luaran Klinis, Meta-Analisis, Brace Spinal Fleksibel, Brace Spinal Rigid, Remaja, Skoliosis Idiopatik.

## PENDAHULUAN

Skoliosis merupakan kelengkungan lateral tulang belakang lebih dari 10° yang diukur dengan metode Cobb (Richard et al., 2005). Kelainan tiga dimensi pada tulang belakang ini melibatkan kelengkungan lateral koronal, hipokifosis sagital dan/atau hiperlordosis lumbal, serta rotasi vertebra transversal, yang berkembang pesat selama masa pertumbuhan (Negrini et al., 2008). Prevalensi global *Adolescent Idiopathic Scoliosis* (AIS), salah satu jenis skoliosis yang paling umum, berkisar antara 0,47% hingga 5,2% pada individu berusia 10 hingga 16 tahun (Konieczny et al., 2013).

Penatalaksanaan AIS dapat dilakukan secara konservatif maupun bedah. Tujuan utama terapi konservatif adalah menghentikan progresivitas lengkung skoliosis selama masa pertumbuhan (Negrini et al., 2008). Terapi konservatif pada AIS meliputi observasi, fisioterapi, dan penggunaan brace spinal, yang umumnya diberikan pada kelengkungan ringan hingga sedang dengan sudut Cobb 25–40 derajat (Kaelin). Sementara itu, kelengkungan berat dengan progresivitas sisa umumnya ditangani dengan tindakan pembedahan (Negrini et al., 2008).

Sejumlah penelitian telah menunjukkan efektivitas penggunaan brace spinal dalam mencegah progresivitas lengkung (Haasbeek 1997 ; Weinstein et al., 2013). Brace spinal bekerja dengan prinsip biomekanik sistem gaya tiga titik untuk mengoreksi lengkung skoliosis. Untuk mempertahankan koreksi, bahan termoplastik sering digunakan dalam pembuatan brace spinal karena mampu memberikan kekakuan yang konsisten. Selain itu, bantalan korektif dapat ditambahkan dan ditanamkan di dalam brace spinal rigid untuk memberikan gaya koreksi sekaligus kenyamanan.

Untuk mencapai koreksi maksimal, disarankan penggunaan brace spinal secara penuh (18–23 jam/hari) hingga individu mencapai kematangan skeletal (Weinstein et al., 2013 ; Negrini et al., 2012). Lebih lanjut, beberapa studi menyimpulkan bahwa peningkatan jumlah jam pemakaian per hari dapat menurunkan kemungkinan progresivitas lengkung (Aulisa 2014 ; Thompson et al., 2017). Dengan demikian, keberhasilan terapi brace spinal sangat berkaitan erat dengan lamanya penggunaan harian, dengan bukti moderat hingga kuat (Karavidas, 2019).

Salah satu jenis ortosis pada AIS adalah brace spinal rigid, yang memiliki beberapa kelemahan. Kekakuan dan ukurannya yang besar dapat memengaruhi kenyamanan penggunaan, terutama pada individu yang aktif, sehingga menurunkan kepatuhan dan berdampak pada kondisi psikologis. Studi oleh Misterska dkk. Misterska et al., (2010) melaporkan bahwa penggunaan penuh brace spinal rigid memiliki hubungan positif yang kuat dengan peningkatan insiden depresi pada individu dengan AIS. Studi lain juga melaporkan masalah citra tubuh negatif pada kelompok individu yang menggunakan

ortosis rigid (Sapountzi et al., 2001) yang pada akhirnya berdampak pada kualitas hidup mereka (Reichel et al 2003 ; Rivett et al., 2009).

Untuk mengurangi efek negatif dari otosis spinal rigid, dikembangkan SpineCor, yaitu brace spinal fleksibel yang terbuat dari bahan elastis (Coillard, 2003). Ortosis ini bekerja dengan prinsip gerakan korektif aktif untuk memperbaiki lengkung skoliosis. Beberapa studi menyimpulkan bahwa SpineCor efektif dalam mengendalikan progresivitas lengkung (Coillard et al., 2007 ; Ersen et al., 2016). Namun, hasilnya kontradiktif ketika efektivitasnya dibandingkan dengan brace spinal rigid dalam studi prospektif (Guo et al., 2014 ; Wong et al., 2008), meskipun SpineCor terbukti meningkatkan kualitas hidup selama terapi dengan ortosis (Ersen et al., 2016 ; Wong et al., 2008). Jenis ortosis fleksibel lain juga telah digunakan untuk terapi AIS, seperti Spinealite™ yang diperkenalkan dengan konsep praktik *scoliologic brace* (Weiss dan Werkmann, 2012) dan TriaC dengan konsep sistem gaya tiga titik standar, yang tidak direkomendasikan untuk penanganan lengkung ganda dan torakal (Zeh et al., 2008). Namun demikian, efektivitas dan keamanan jenis ortosis fleksibel ini belum dapat dibuktikan.

Sebuah tinjauan literatur terbaru (Costa et al., 2021) bertujuan untuk menyelidiki efek berbagai jenis ortosis pada AIS. Tinjauan tersebut menemukan bahwa ortosis lunak memiliki risiko kegagalan lebih tinggi dibandingkan brace spinal rigid. Namun, tinjauan ini tidak menganalisis luaran progresivitas lengkung sebagaimana yang direkomendasikan oleh *Scoliosis Research Society* untuk penelitian tentang brace spinal (Richard et al., 2005).

Meskipun terdapat bukti kuat terkait penggunaan brace spinal pada terapi AIS (Karavidas, 2019), sayangnya luaran klinis dalam mencegah progresivitas lengkung skoliosis antara brace spinal fleksibel dan rigid masih menimbulkan kontroversi. Oleh karena itu, tujuan tinjauan sistematis dan meta-analisis ini adalah mengevaluasi luaran klinis brace spinal fleksibel dibandingkan dengan brace spinal rigid terkait progresivitas lengkung skoliosis.

## **METODE**

Sebuah tim rehabilitasi interdisipliner dibentuk untuk melaksanakan tinjauan ini. Pedoman PRISMA digunakan sebagai acuan dalam tinjauan sistematis dan meta-analisis ini (Moher et al., 2009).

## **Sumber Data dan Strategi Pencarian**

Basis data elektronik termasuk PubMed, Embase, dan Scopus ditelusuri sejak awal hingga 7 Juli 2021. Strategi pencarian secara rinci tercantum dalam Supplemental material 1. Istilah pencarian yang digunakan di PubMed adalah: "scoliosis"[MeSH Terms] OR "scoliosis"[All Fields] OR "scolioses"[All Fields]) AND ("braces"[MeSH Terms] OR "braces"[All Fields] OR "brace"[All Fields] OR "bracing"[All Fields]) AND ("radiograph\*"[All Fields] OR ("x rays"[MeSH Terms] OR "x rays"[All Fields] OR "xray"[All Fields]) OR ("cobb"[All Fields] AND ("angle"[All Fields] OR "angled"[All Fields] OR "angles"[All Fields])).

Untuk Embase, istilah pencarian meliputi kombinasi terkait Adolescent Idiopathic Scoliosis, brace/orthosis fleksibel maupun rigid, serta luaran klinis termasuk sudut Cobb dan studi perbandingan. Pencarian pada Scopus menggunakan kata kunci TITLE-ABS-KEY ("Adolescent Idiopathic Scoliosis") AND (ALL (brac\*)) AND (ALL ("Xray\*" OR "CobbAngle" OR "Outcome" OR "Effectiveness" OR "Brace Outcome")).

## Seleksi Studi

Hanya studi dengan tujuan membandingkan luaran klinis penggunaan brace spinal fleksibel dan rigid pada individu dengan AIS yang dimasukkan. Studi harus berupa artikel penelitian *peer-reviewed* dan dipublikasikan dalam bahasa Inggris. Kriteria inklusi ditunjukkan pada Tabel 1. Studi potensial dikeluarkan bila perbandingan melibatkan terapi lain selain penggunaan brace. Tinjauan ini mengikuti kerangka kerja PICOS. Dua peneliti independen (C.P. dan S.A.) melakukan pencarian, menyeleksi judul dan abstrak dari semua artikel yang diperoleh, serta menilai kelayakan akhir seluruh artikel teks lengkap.

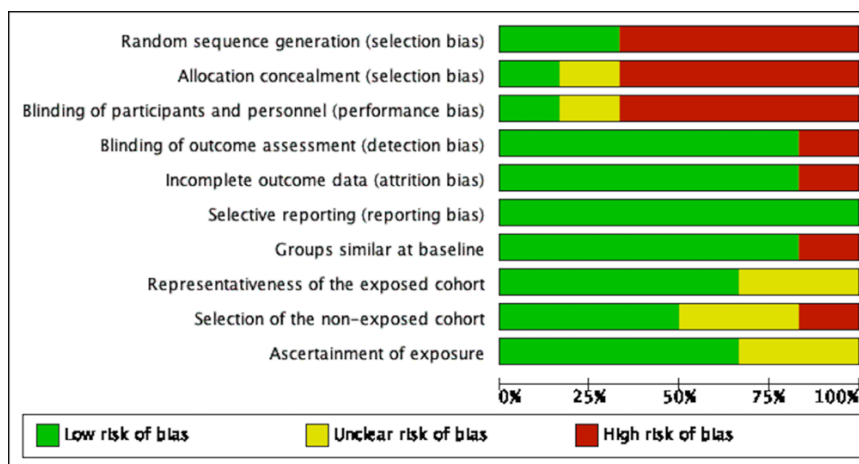
Tabel 1. Rincian kriteria inklusi

1	<i>Design</i>	<i>Randomized control trial or prospective cohort</i>
2	<i>Intervention</i>	<i>Comparison of rigid and flexible spinal brace</i>
3	<i>Outcome</i>	<i>Successful outcome (% of curve progression more than 5° at skeletal maturity), % of individuals with recommendation for or who had undergone surgery before skeletal maturity, Maintaining curve progression below surgical threshold of 45°, and Minimum follow-up of 2 years after skeletal maturity.</i>

- a. Populasi: Individu dengan Skoliosis Idiopatik Remaja (AIS)
- b. Intervensi (paparan): Penggunaan brace fleksibel/lunak atau brace rigid penuh waktu.
- c. Perbandingan: Studi harus memiliki kelompok intervensi atau kelompok kontrol dengan brace fleksibel/lunak atau rigid.
- d. Luaran: Luaran utama adalah keberhasilan, didefinisikan sebagai jumlah individu AIS yang kelengkungannya tidak mengalami progresi lebih dari 5° sudut Cobb hingga maturitas skeletal. Luaran sekunder termasuk kelengkungan yang tidak berkembang melebihi 45° serta kelengkungan yang stabil selama 2 tahun setelah maturitas skeletal. Selain itu, luaran mencakup proporsi individu yang menjalani pembedahan sebelum maturitas skeletal dan kualitas hidup individu dengan AIS.
- e. Desain Studi: *Randomized Controlled Trials* (RCT) dan studi kohort prospektif.

## Ekstraksi Data dan Penilaian Kualitas

Dua peneliti independen (C.P. dan S.A.) mengekstraksi informasi utama dari setiap studi yang memenuhi syarat. Bila terdapat perbedaan, penyelesaiannya dilakukan oleh peninjau ketiga (S.K) melalui diskusi berbasis konsensus dengan kedua peneliti independen. *Supplemental material 2* menunjukkan rincian ekstraksi data. Evaluasi kualitas dilakukan menggunakan tabel risiko bias pada Review Manager versi 5.4.1. Gambar 1 merangkum penilaian kualitas studi. Risiko bias studi RCT dinilai dengan *Cochrane Risk of Bias Tool* dengan kategori “rendah”, “tinggi”, atau “tidak jelas”. Untuk studi kohort, penilaian dilakukan dengan *Newcastle-Ottawa Scale* (NOS) yang mencakup tiga aspek utama: bias seleksi, bias attrition, dan bias deteksi. Gambar 2 menampilkan ringkasan risiko bias studi yang diikutsertakan.



Gambar 1. Penilaian kualitas studi

Ketidakpresisian dianggap serius bila interval kepercayaan (CI) 95% lebar dan melintasi garis tanpa efek, sehingga interpretasi dapat berbeda pada masing-masing batas CI. Bias publikasi diperiksa dengan *funnel plot* dan uji Egger. Dua peneliti independen (C.P. dan S.A.) menilai risiko bias, ketidakpresisian, dan bias publikasi pada setiap studi. Perbedaan diselesaikan oleh peninjau ketiga (S.K) dengan diskusi konsensus.

Study	Random sequence generation (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding of participants and personnel (performance bias)	Blinding of outcome assessment (detection bias)	Incomplete outcome data (attrition bias)	Selective reporting (reporting bias)	Groups similar at baseline	Representativeness of the exposed cohort	Selection of the non-exposed cohort	Ascertainment of exposure
Collard 2007	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Garmon 2010	+	+	?	+	+	+	+	+	+	+
Guo 2014	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gurman 2016	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wells 2005	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wong 2008	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

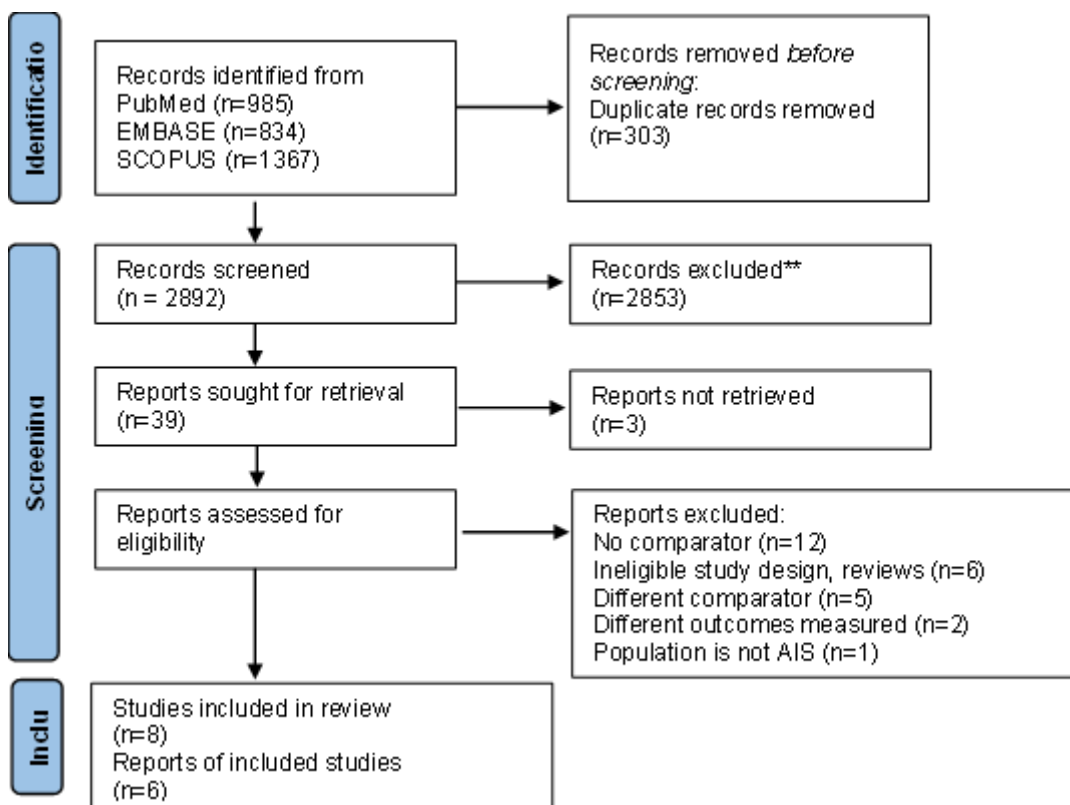
Gambar 2. risiko bias studi yang diikutsertakan

### Sintesis dan Analisis Data

Sintesis kuantitatif meta-analisis dilakukan dengan Review Manager versi 5.4.1, sedangkan *funnel plot* dan uji Egger dilakukan dengan perangkat lunak statistik STATA 14.1. Signifikansi statistik ditetapkan pada nilai  $P < 0,05$ . Luaran dikotomi termasuk keberhasilan pada maturitas skeletal, progresivitas lengkung melebihi  $45^\circ$ , dan kelengkungan stabil selama dua tahun pasca maturitas skeletal dianalisis dengan metode Mantel-Haenszel menggunakan *random effect model* untuk memperoleh *risk ratio* (RR) dan CI 95%. Analisis subkelompok juga dilakukan berdasarkan desain studi dan jenis brace rigid. Heterogenitas dianalisis melalui pemeriksaan *forest plot* dan uji  $\text{Chi}^2$ , serta diukur dengan statistik  $I^2$  (persentase variabilitas total yang disebabkan oleh heterogenitas antar studi).

## HASIL

### Seleksi Studi dan Karakteristik



Gambar 3. Diagram alur PRISMA pencarian literatur

Berdasarkan Gambar 3. dapat dijelaskan bahwa sebanyak 36 studi unik dievaluasi kelayakannya dalam tinjauan ini setelah dilakukan pengecualian terhadap duplikasi dan penyaringan berdasarkan judul studi. Dari 36 artikel tersebut, 28 artikel dikeluarkan dari tinjauan; dua belas studi karena tidak memiliki pembandingan, 6 studi dengan desain penelitian/tinjauan yang tidak memenuhi syarat, 5 studi dengan pembandingan berbeda, 2 studi dengan luaran berbeda, 1 studi dengan populasi berbeda, dan 2 artikel karena duplikasi data. 8 studi yang memenuhi kriteria inklusi dimasukkan dalam tinjauan ini, di mana penggunaan *full-time rigid brace* merupakan intervensi utama, dengan pembandingan brace fleksibel atau sebaliknya (Coillard et al., 2007 ; Guo et al., 2014 ; Won et al., 2008 ; Gammon et al., 2010 ; Weiss dan Weiss, 2005). Gambar 3 menampilkan diagram PRISMA dari pencarian literatur. Ringkasan karakteristik RCT dan studi kohort yang termasuk dalam tinjauan ini disajikan pada Tabel 2. Tidak ada studi yang melaporkan konflik kepentingan.

Tabel 2. Karakteristik studi yang diikutsertakan

Penulis	Desain Studi	Jenis Kelamin (perempuan, %)	Grup	n	Lama Pemakaian	Luaran	Hasil
Guo, 2014	RCT	100	Fleksibel (SpineCor)	20	23 jam/hari	1. Progresi kurva > 5° pada maturitas skeletal	Perbedaan signifikan progresi kurva antara dua kelompok sebelum maturitas skeletal (P=0,026). Tujuh (35%) pada kelompok brace

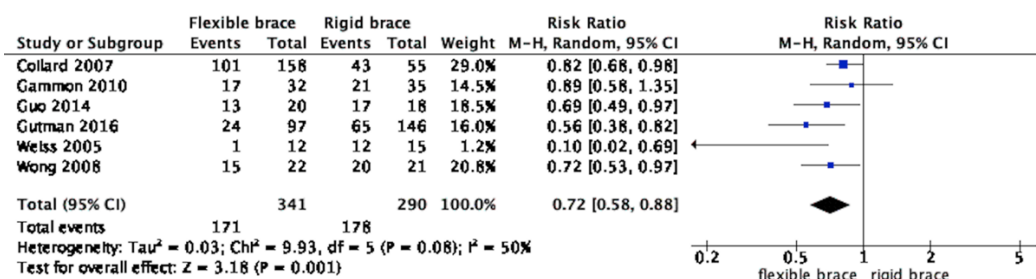
			Rigid (TLSO non-spesifik dengan sistem CAD/CAM)	18	23 jam/hari	2. Rekomendasi/pelaksanaan operasi sebelum maturitas skeletal	fleksibel dan 1 (5,6%) pada brace rigid mengalami progresi kurva > 5°. Seluruh 7 pasien brace fleksibel yang mengalami progresi langsung dialihkan ke brace rigid. Tidak ada perbedaan signifikan (P=0,939). Satu pasien (5,6%) pada kelompok rigid dan 1 pasien (5%) pada kelompok fleksibel direkomendasikan operasi karena progresi kurva > 45°. Tidak ada perbedaan signifikan. 5 dari 17 pasien (29,4%) di kelompok rigid dan 5 dari 13 (38,5%) di kelompok fleksibel mengalami progresi kurva > 5° pascamaturitas (P=0,602). Perbedaan signifikan (P=0,001). Sebanyak 74/97 (76%) kelompok fleksibel dan 81/146 (55%) kelompok rigid mengalami progresi kurva > 5°. Perbedaan signifikan (P=0,001). Rata-rata progresi kurva: brace fleksibel 14,7° vs brace rigid 9,6°. 49/97 (51%) kelompok fleksibel vs 54/146 (37%) rigid mengalami progresi ≥45° (P=0,04). Tidak ada perbedaan signifikan untuk progresi ≥50° (P=0,39). Tidak signifikan (P=0,2). Operasi dilakukan pada 37/97 (39%) kelompok fleksibel vs 44/146 (30%) kelompok rigid. Tidak ada perbedaan signifikan (P=0,75). 17/32 (53%) pada kelompok fleksibel vs 12/35 (60%) pada kelompok rigid tidak mengalami progresi < 5°.
<b>Gutman, 2016</b>	Kohort Terkontrol	86	Fleksibel (SpineCor)	97	≥20 jam/hari	1. Progresi kurva > 5° pada maturitas skeletal	
			Rigid (Boston brace)	14	≥20 jam/hari	2. Rata-rata progresi kurva Cobb utama pada akhir studi	
						3. Progresi kurva ≥45° atau ≥50°	
						4. Angka operasi	
<b>Gammone, 2010</b>	Kohort Terkontrol	90	Fleksibel (SpineCor)	32	20 jam/hari	1. Progresi kurva < 5° pada maturitas skeletal	
			Rigid (TLSO)	35	23 jam/hari	2. Progresi kurva > 45°	Tidak ada perbedaan signifikan (P=0,45).

			non-spesifik)			23/32 (72%) kelompok fleksibel vs 28/35 kelompok rigid tidak progresi > 45°. Tidak signifikan (P=0,61). 1/32 (3,1%) fleksibel vs 2/35 (5,7%) rigid direkomendasikan/mengalami operasi. Perbedaan signifikan (P<0,0001). 8/12 (67%) fleksibel vs 1/15 (7%) rigid mengalami progresi > 5°. Perbedaan signifikan (P<0,0001). 11/12 (92%) fleksibel vs 3/15 (20%) rigid mengalami progresi > 5°. Rata-rata progresi pada brace fleksibel = 9,7° (21,5 bulan observasi). Tidak ada progresi pada brace rigid setelah 37 bulan terapi. Perbedaan signifikan (P=0,046). 7/22 (32%) fleksibel vs 1/21 (5%) rigid mengalami progresi > 5° (45 bulan). Brace fleksibel: kesulitan toileting. Brace rigid: kesulitan mengenakan/melepas. Keluhan panas: 27% rigid vs 8% fleksibel. 57/158 (36%) fleksibel vs 12/55 (21%) rigid mengalami progresi > 5°.	
<b>Weiss, 2005</b>	Kohort Terkontrol	100	Fleksibel (SpineCoor)	12	tidak disebutkan	1. Progresi kurva > 5° pada 24 bulan	
			Rigid (Cheneau)	15	tidak disebutkan	2. Progresi kurva > 5° pada 48 bulan	
						3. Rata-rata progresi kurva	
<b>Wong, 2008</b>	RCT	100	Fleksibel (SpineCoor)	22	tidak disebutkan	1. Progresi kurva > 5° pada maturitas skeletal	
			Rigid (non-spesifik)	21	tidak disebutkan	2. Penerimaan pasien	
<b>Coillard, 2007</b>	Kohort Terkontrol	93	Fleksibel (SpineCoor)	15	23 jam/hari	1. Progresi kurva > 5° pada maturitas skeletal	
			Rigid (non-spesifik)	55	23 jam/hari		
<b>Ersen, 2016</b>	Uji Non-Randomisasi	87	Fleksibel (SpineCoor)	49	23 jam/hari	1. Kualitas hidup (SRS-22) setelah 1 tahun terapi	Brace fleksibel menunjukkan perbaikan signifikan pada nyeri (P=0,017), citra diri (P=0,003), dan fungsi (P=0,004).
			Rigid (non-spesifik)	19	23 jam/hari	2. Hasil terapi sukses	Tidak signifikan (P=0,444).
<b>Zaina, 2012</b>	Kohort Terkontrol	83	Fleksibel (SpineCoor)	29	20 jam/hari	1. Evaluasi Estetik Klinik Trunk (TRACE)	Tidak ada perbedaan signifikan. TRACE sedikit menurun pada kelompok fleksibel. Perbaikan signifikan sudut Cobb dan ATR pada brace rigid (P<0,05).
			Rigid (SPoRT brace)	74	18–23 jam/hari	2. Hasil sukses (jangka pendek)	
						3. ATR	—

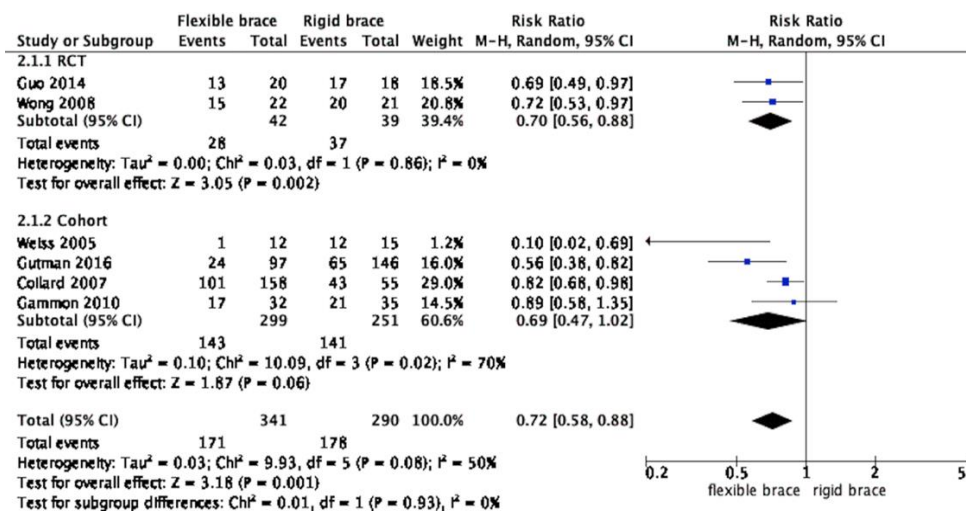
## Luaran Brace spinal pada AIS

Enam studi yang diikutsertakan dalam tinjauan ini memenuhi syarat untuk dianalisis terkait luaran terapi sukses pada maturitas skeletal (Coillard et al., 2007 ; Guo et al., 2014 ; Won et al., 2008 ; Gammon et al., 2010 ; Weiss dan Weiss, 2005). Empat studi (Guo et al., 2014 ; Won et al., 2008 ; Gutman et al., 2016 ; Weiss dan Weiss, 2005) menunjukkan bahwa brace spinal rigid memiliki luaran sukses yang lebih signifikan dibandingkan dengan brace fleksibel. Satu studi (Coillard et al., 2007) melaporkan bahwa kelompok dengan brace fleksibel menunjukkan perbedaan bermakna secara statistik dibandingkan dengan kelompok brace rigid dari studi lain dengan kriteria yang sangat mirip. Studi lainnya (Gammon et al., 2010) menyatakan tidak terdapat perbedaan bermakna antara kedua kelompok.

Model *random-effect* digunakan untuk analisis karena terdapat heterogenitas sedang ( $I^2 = 50\%$ ,  $P = 0,08$ ). Secara keseluruhan, *rasio risiko* (RR) gabungan yang ditampilkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa brace rigid lebih efektif mencegah progresi kurva  $> 50^\circ$  pada maturitas skeletal (RR = 0,72, 95% CI: 0,58–0,88,  $P = 0,001$ ).

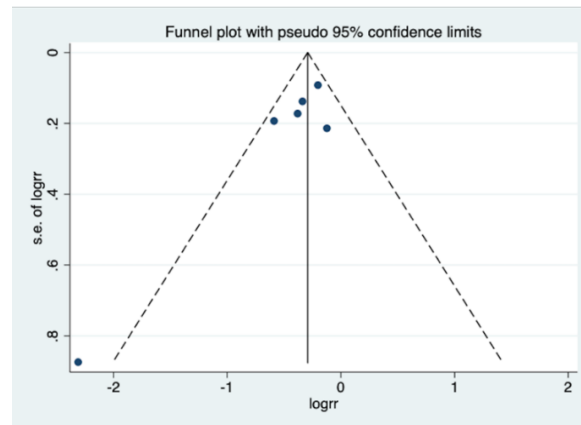


Gambar 4. Perbandingan Forest plot luaran skeletal brace spinal fleksibel dan rigid saat maturitas



Gambar 5. Perbandingan Forest plot luaran skeletal brace spinal fleksibel dan rigid saat maturitas dengan analisis subgroup berdasarkan studi desain

Analisis subkelompok berdasarkan desain studi ditunjukkan pada Gambar 5. Studi RCT menunjukkan efek signifikan yang menguntungkan brace rigid pada luaran terapi sukses AIS (RR = 0,72, 95% CI: 0,56–0,88), dibandingkan dengan studi kohort yang tidak menunjukkan perbedaan bermakna antara brace fleksibel dan rigid (RR = 0,69, 95% CI: 0,47–1,02). Namun, efek gabungan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antar subkelompok desain studi ( $P = 0,93$ ).



Gambar 7. *Funnel plot* dari bias publikasi untuk luaran brace saat maturitas

Analisis subkelompok berdasarkan jenis brace spinal rigid menunjukkan bahwa empat studi menggunakan ortosis rigid tanpa penyebutan nama spesifik TLSO (disebut TLSO non-spesifik dalam tinjauan ini), satu studi menggunakan brace Cheneau, dan satu studi menggunakan brace Boston. Efek gabungan menunjukkan adanya perbedaan signifikan antar jenis brace rigid ( $P = 0,03$ ). Namun, masing-masing subkelompok brace rigid menunjukkan efek signifikan yang lebih menguntungkan dibandingkan brace fleksibel dengan  $RR = 0,78$  (95% CI: 0,68–0,89) pada TLSO non-spesifik,  $RR = 0,10$  (95% CI: 0,02–0,69) pada brace Cheneau, dan  $RR = 0,56$  (95% CI: 0,38–0,82) pada kelompok brace Boston. Plot funnel menunjukkan simetri yang cukup baik, sehingga tidak ditemukan bias publikasi yang signifikan (Uji Egger  $P = 0,181$ ).

### **Persentase Pasien yang Direkomendasikan atau Menjalani Operasi Sebelum Maturitas Skeletal**

Dua studi (Guo et al., 2014 ; Gammon et al., 2010) membandingkan persentase pasien yang direkomendasikan atau telah menjalani operasi sebelum maturitas skeletal. Kedua studi ini menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara brace fleksibel dan rigid dalam mencegah tindakan bedah sebelum brace dihentikan pada maturitas skeletal ( $P = 0,61$  dan  $0,93$ ). Pada studi , tujuh pasien mengalami progresi kurva pada awal penggunaan brace fleksibel. Pasien-pasien tersebut kemudian dialihkan ke brace rigid, dan hanya 1 dari 2 pasien yang tetap progresif akhirnya menjalani operasi sebelum maturitas skeletal.

### **Mempertahankan Progresi Kurva di Bawah Ambang Operasi 45°**

Data dari tiga studi (Guo et al., 2014 ; Gammon et al., 2010 ; Gutman et al., 2016) dianalisis untuk membandingkan kemampuan brace dalam mempertahankan progresi kurva di bawah ambang operasi 45°. Satu dari tiga studi (Gutman et al., 2016) melaporkan bahwa brace fleksibel gagal secara signifikan dalam mencegah progresi kurva melebihi 45° ( $RR = 0,79$ , 95% CI: 0,62–0,99). Model random-effect digunakan karena terdapat heterogenitas tinggi ( $I^2 = 77\%$ ,  $P = 0,01$ ). Dengan total 348 peserta yang digambarkan pada Gambar 8, analisis gabungan menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok dalam mempertahankan kurva di bawah ambang operasi ( $RR = 0,97$ , 95% CI: 0,77–1,23).

### **Tindak Lanjut Minimal 2 Tahun Setelah Maturitas Skeletal**

Tiga studi (Coillard et al., 2007 ; Guo et al., 2014 ; Weiss et al., 2005) melaporkan pemeliharaan koreksi kurva selama tindak lanjut minimal 2 tahun setelah maturitas skeletal. Tidak ditemukan heterogenitas ( $I^2 = 34\%$ ,  $P = 0,22$ ), sehingga model fixed-effect

dipilih untuk analisis. Dengan total 145 peserta, analisis gabungan menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kelompok brace fleksibel dan rigid dalam mempertahankan koreksi kurva hingga minimal 2 tahun pasca-maturitas skeletal (RR = 0,94, 95% CI: 0,80–1,11).

## PEMBAHASAN

Tinjauan sistematis dan meta-analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi luaran penggunaan brace tulang belakang fleksibel dibandingkan dengan brace tulang belakang rigid dalam hal progresi kurva pada individu dengan adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Dari seluruh studi yang diikutsertakan dalam meta-analisis ini, satu-satunya jenis brace fleksibel yang digunakan adalah SpineCor (Coillard et al., 2007 ; Guo et al., 2014 ; Won et al., 2008 ; Gammon et al., 2010 ; Weiss dan Weiss, 2005), sedangkan brace rigid memiliki variasi desain pada setiap studi, termasuk Boston (Gutman et al., 2016), Cheneau, dan TLSO rigid non-spesifik (Guo et al., 2014 ; Wong et al., 2008 ; Gammon et al., 2010).

Dalam tinjauan ini, kami menemukan bahwa dibandingkan brace fleksibel, brace rigid yang dibuat dari material termoplastik lebih efektif dalam mencegah progresi kurva lebih dari 50° pada individu dengan AIS hingga mencapai maturitas skeletal. Hasil tinjauan sistematis ini konsisten dengan ulasan literatur sebelumnya yang bertujuan memperbarui bukti terkini terkait penggunaan brace pada AIS (Karavidas, 2016). Dalam tinjauan sistematis terbaru, brace fleksibel dilaporkan kurang menguntungkan dibandingkan brace rigid dalam mencegah progresi kurva (Costa et al., 2021). Demikian pula, brace rigid ditemukan sedikit lebih efektif dibandingkan brace fleksibel terkait sudut Cobb dan ATR (Zaina et al., 2012). Namun, sebuah studi kuasi-eksperimental melaporkan tidak terdapat perbedaan signifikan pada luaran terapi sukses antara kedua kelompok pada akhir terapi (P = 0,444) (Ersen et al., 2016)

Berdasarkan meta-analisis, hanya satu studi (Gutman et al., 2016) yang menunjukkan bahwa kelompok brace fleksibel gagal mencegah progresi kurva melampaui ambang operasi 45°. (RR = 0,79, 95% CI: 0,62–0,99). Namun, analisis gabungan menunjukkan bahwa secara keseluruhan tidak terdapat perbedaan bermakna antara kelompok brace fleksibel dan rigid dalam mempertahankan progresi kurva di bawah ambang operasi 45°. Pada salah satu RCT yang diikutsertakan, beberapa partisipan mengganti brace dari jenis fleksibel menjadi rigid karena kegagalan dalam mempertahankan kurva di bawah ambang operasi 45°, yang mengindikasikan bahwa apabila brace fleksibel tetap digunakan, kurva dapat mengalami progresi melewati ambang operasi.

Adapun keterbatasan tinjauan ini antara lain: hanya mencakup brace rigid dengan waktu pemakaian penuh (*full-time*) karena terbatasnya penelitian prospektif terkontrol pada brace rigid dengan pemakaian malam hari (*night-time*), jumlah RCT yang membandingkan brace fleksibel dan rigid pada AIS masih terbatas, serta hanya sedikit studi yang melaporkan penilaian efektivitas secara lengkap sesuai rekomendasi *Scoliosis Research Society* (SRS) untuk penelitian brace pada AIS.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan brace rigid menunjukkan efektivitas yang lebih baik dibandingkan brace fleksibel dalam mengendalikan progresivitas skoliosis idiopatik remaja, khususnya dalam mencegah peningkatan sudut kurva selama masa pertumbuhan. Meskipun demikian, hasil kajian ini juga mengindikasikan bahwa keunggulan brace rigid belum sepenuhnya terbukti dalam mencegah progresi kurva yang melebihi ambang operasi atau dalam mempertahankan

hasil koreksi jangka panjang setelah masa perawatan selesai. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan jenis brace yang disesuaikan dengan kebutuhan klinis, tingkat kenyamanan pasien, serta kepatuhan dalam pemakaian untuk mencapai hasil terapi optimal. Selain itu, penelitian lanjutan dengan desain uji klinis berskala besar dan periode tindak lanjut yang lebih panjang diperlukan untuk memperkuat bukti mengenai efektivitas jangka panjang brace rigid dibandingkan fleksibel dalam manajemen skoliosis idiopatik remaja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abel, M. F. (2017). Brace success as related to curve type, compliance, and maturity in adolescents with idiopathic scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 99(11), e59. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.00601>
- Aulisa, A. G., Giordano, M., Falciglia, F., Marzetti, E., Poscia, A., & Guzzanti, V. (2014). Correlation between compliance and brace treatment in juvenile and adolescent idiopathic scoliosis: SOSORT 2014 award winner. *Scoliosis*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13013-014-0026-6>
- Brox, J. I., Lange, J. E., Gunderson, R. B., & Steen, H. (2012). Good brace compliance reduced curve progression and surgical rates in patients with idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 21(10), 1957–1963. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2375-6>
- Climont, J. M., & Sánchez, J. (1999). Impact of the type of brace on the quality of life of adolescents with spine deformities. *Spine*, 24(18), 1903–1908. <https://doi.org/10.1097/00007632-199909150-00009>
- Coillard, C., Leroux, M. A., Zabjek, K. F., & Rivard, C. H. (2003). SpineCor—a non-rigid brace for the treatment of idiopathic scoliosis: Post-treatment results. *European Spine Journal*, 12(2), 141–148. <https://doi.org/10.1007/s00586-002-0481-8>
- Coillard, C., Vachon, V., Circo, A. B., Beauséjour, M., & Rivard, C. H. (2007). Effectiveness of the SpineCor brace based on the new standardized criteria proposed by the Scoliosis Research Society for adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 27(4), 375–379. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318033a14>
- Costa, L., Schlosser, T. P. C., Jimale, H., Homans, J. F., Kruyt, M. C., & Castelein, R. M. (2021). The effectiveness of different concepts of bracing in adolescent idiopathic scoliosis (AIS): A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(10), 2145. <https://doi.org/10.3390/jcm10102145>
- Ersen, O., Bilgiç, S., Koca, K., Ege, T., Oğuz, E., & Bilekli, A. B. (2016). Difference between SpineCor brace and thoracolumbosacral orthosis for deformity correction and quality of life in adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthopaedica Belgica*, 82(4), 710–714.
- Gammon, S. R., Mehlman, C. T., Chan, W., Heifetz, J., Durrett, G., & Wall, E. J. (2010). A comparison of thoracolumbosacral orthoses and SpineCor treatment of adolescent idiopathic scoliosis patients using the scoliosis research society standardized criteria. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 30(6), 531–538. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181e00f3b>

- Guo, J., Lam, T. P., Wong, M. S., Ng, B. K. W., Lee, K. M., Liu, K. L., ... Cheng, J. C. Y. (2014). A prospective randomized controlled study on the treatment outcome of SpineCor brace versus rigid brace for adolescent idiopathic scoliosis with follow-up according to the SRS standardized criteria. *European Spine Journal*, 23(12), 2650–2657. <https://doi.org/10.1007/s00586-014-3538-3>
- Gutman, G., Benoit, M., Joncas, J., Beauséjour, M., Barchi, S., Labelle, H., ... Rivard, C. H. (2016). The effectiveness of the SpineCor brace for the conservative treatment of adolescent idiopathic scoliosis: Comparison with the Boston brace. *The Spine Journal*, 16(5), 626–631. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.01.193>
- Haasbeek, J. F. (1997). Adolescent idiopathic scoliosis: Recognizing patients who need treatment. *Postgraduate Medicine*, 101(5), 207–216. <https://doi.org/10.3810/pgm.1997.05.285>
- Herrero, C., & Herrero, E. (2012). SpineCor treatment—The Spanish experience. First results. *Scoliosis*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-7-S1-O26>
- Kaelin, A. J. (2020). Adolescent idiopathic scoliosis: Indications for bracing and conservative treatments. *Annals of Translational Medicine*, 8(2), 28. <https://doi.org/10.21037/atm.2019.11.100>
- Karavidas, N. (2019). Bracing in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis: Evidence to date. *Adolescent Health, Medicine and Therapeutics*, 10, 153–172. <https://doi.org/10.2147/AHMT.S179247>
- Karavidas, N. S. (2016). Bracing for adolescent idiopathic scoliosis (AIS) and Scheuermann kyphosis: The issue of overtreatment in Greece. *Scoliosis and Spinal Disorders*, 11(Suppl 2), 30. <https://doi.org/10.1186/s13013-016-0100-2>
- Karol, L. A., Virostek, D., Felton, K., & Wheeler, L. (2016). Effect of compliance counseling on brace use and success in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 98(1), 9–14. <https://doi.org/10.2106/JBJS.O.00302>
- Katz, D. E., & Durrani, A. A. (2001). Factors that influence outcome in bracing large curves in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 26(21), 2354–2361. <https://doi.org/10.1097/00007632-200111010-00016>
- Konieczny, M. R., Senyurt, H., & Krauspe, R. (2013). Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Children's Orthopaedics*, 7(1), 3–9. <https://doi.org/10.1007/s11832-012-0457-4>
- Kuroki, H., Inomata, N., Hamanaka, H., Higa, K., Chosa, E., & Tajima, N. (2015). Predictive factors of Osaka Medical College (OMC) brace treatment in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis*, 10(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13013-015-0033-1>
- Landauer, F., Wimmer, C., & Behensky, H. (2003). Estimating the final outcome of brace treatment for idiopathic thoracic scoliosis at 6-month follow-up. *Pediatric Rehabilitation*, 6(3–4), 201–207. <https://doi.org/10.1080/13638490310001636729>
- Misterska, E., Glowacki, M., & Harasymczuk, J. (2010). Personality characteristics of females with adolescent idiopathic scoliosis after brace or surgical treatment compared to healthy controls. *Medical Science Monitor*, 16(12), CR606–CR615.

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ*, *339*, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Negrini, S., Aulisa, A. G., Aulisa, L., Circo, A. B., de Mauroy, J. C., Durmala, J., ... Grivas, T. B. (2012). 2011 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*, *7*(1), 3. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-7-3>
- Negrini, S., Donzelli, S., Aulisa, A. G., Czaprowski, D., Schreiber, S., de Mauroy, J. C., ... Kotwicki, T. (2018). 2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and Spinal Disorders*, *13*, 3. <https://doi.org/10.1186/s13013-017-0145-8>
- Rahman, T., Bowen, J. R., Takemitsu, M., & Scott, C. (2005). The association between brace compliance and outcome for patients with idiopathic scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, *25*(4), 420–422. <https://doi.org/10.1097/01.bpo.0000164872.59794.a8>
- Rahman, T., Sample, W., Yorgova, P., Neiss, G., Rogers, K., Shah, S., ... Bowen, J. (2015). Electronic monitoring of orthopedic brace compliance. *Journal of Children's Orthopaedics*, *9*(5), 365–369. <https://doi.org/10.1007/s11832-015-0687-7>
- Reichel, D., & Schanz, J. (2003). Developmental psychological aspects of scoliosis treatment. *Pediatric Rehabilitation*, *6*(3–4), 221–225. <https://doi.org/10.1080/13638490310001636738>
- Richards, B. S., Bernstein, R. M., D'Amato, C. R., & Thompson, G. H. (2005). Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management. *Spine*, *30*(18), 2068–2075. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000178819.90239.d0>
- Rivett, L., Rothberg, A., Stewart, A., & Berkowitz, R. (2009). The relationship between quality of life and compliance to a brace protocol in adolescents with idiopathic scoliosis: A comparative study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *10*(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-10-5>
- Sapountzi-Krepia, D. S., Valavanis, J., Panteleakis, G. P., Zangana, D. T., Vlachojiannis, P. C., & Sappas, G. S. (2001). Perceptions of body image, happiness and satisfaction in adolescents wearing a Boston brace for scoliosis treatment. *Journal of Advanced Nursing*, *35*(5), 683–690. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2001.01902.x>
- Thompson, R. M., Hubbard, E. W., Jo, C. H., Virostek, D., & Karol, L. A. (2017). Brace success is related to curve type in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, *99*(11), 923–928. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.00498>
- Weinstein, S. L., Dolan, L. A., Wright, J. G., & Dobbs, M. B. (2013). Effects of bracing in adolescents with idiopathic scoliosis. *The New England Journal of Medicine*, *369*(16), 1512–1521. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1307337>
- Weiss, H. R., & Werkmann, M. (2012). Soft braces in the treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS): Review of the literature and description of a new approach. *Scoliosis*, *7*(1), 11. <https://doi.org/10.1186/1748-7161-7-11>

- Weiss, H. R., & Weiss, G. M. (2005). Brace treatment during pubertal growth spurt in girls with idiopathic scoliosis (IS): A prospective trial comparing two different concepts. *Pediatric Rehabilitation*, 8(3), 199–206. <https://doi.org/10.1080/13638490500235654>
- Wong, M. S., Cheng, J. C. Y., Lam, T. P., Ng, B. K. W., Sin, S. W., Lee-Shum, S. L. F., ... Hung, V. W. Y. (2008). The effect of rigid versus flexible spinal orthosis on the clinical efficacy and acceptance of the patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, 33(12), 1360–1365. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31817329e2>
- Zaina, F., Donzelli, S., Negrini, A., Romano, M., & Negrini, S. (2012). SpineCor, exercise and SPoRT rigid brace: What is the best for adolescent idiopathic scoliosis? Short term results from two retrospective studies. *Studies in Health Technology and Informatics*, 176, 361–364. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-067-3-361>
- Zeh, A., Planert, M., Klima, S., Hein, W., & Wohlrab, D. (2008). The flexible Triac-brace for conservative treatment of idiopathic scoliosis: An alternative treatment option? *Acta Orthopaedica Belgica*, 74(4), 512–521.
- Zhang, Y., & Li, X. (2019). Treatment of bracing for adolescent idiopathic scoliosis patients: A meta-analysis. *European Spine Journal*, 28(9), 2012–2019. <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06032-w>