

فیوژن انتخابی توراколومبار/لومبار در اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (مقاله مروری)

چکیده:

اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (AIS) یک ناهنجاری سه‌بعدی ستون فقرات و عامل ناتوانی‌های جسمی-روانی است. درمان پیش از جراحی برای بهبود ظاهر بیمار و حفظ عملکرد ستون فقرات حیاتی است. جراحی اصلاحی، تحرک و تعادل ستون فقرات را بازمی‌گرداند. در موارد دو انحنای هم‌زمان، فیوژن انتخابی با اصلاح یک انحنا، موجب اصلاح خودبه‌خودی انحنای دوم می‌شود. این روش به دلیل حفظ حرکت بیشتر ستون فقرات مورد توجه جراحان است، ولی کمبود اطلاعات، مانع استفاده گسترده از آن شده است. مطالعه حاضر فیوژن انتخابی توراколومبار/لومبار را بررسی کرده و نتایج جراحی و عوارض آن را برای جراحان تشریح می‌کند تا انتخاب روش جراحی تسهیل شود. شواهد تأیید می‌کنند که فیوژن انتخابی توراسیک برای AIS مؤثر و ایمن است و اصلاح قابل توجهی را ارائه می‌دهد، کیفیت زندگی را بهبود می‌بخشد و عوارض کمتری در مقایسه با رویکردهای گسترده دارد. تحقیقات آینده معیارهای انتخاب بیمار را بهبود بخشیده و اثرات بلندمدت را بررسی کنند.

واژگان کلیدی: ستون فقرات، کیفوز، اسکولیوز

پذیرش مقاله: ۴۵ روز قبل از چاپ

دکتر محسن مطلبی، دکتر حمید حصاری کیا، دکتر کیوان اسدی، دکتر علیرضا شاکری صفت

مقدمه

مرکز تحقیقات تروما، دانشگاه علوم پزشکی
بقیه‌الله (عج)، تهران، ایران

اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (adolescent idiopathic scoliosis; AIS) وضعیتی است که موجب تغییر شکل سه‌بعدی در ستون فقرات و بالاتنه می‌شود. در حالی که AIS می‌تواند در طول دوره رشد پیشرفت کرده و باعث مشکلاتی از نظر زیبایی شود، معمولاً بدون نشانه است. برخی از محققین طبقه بندی‌های خاصی برای AIS استفاده کرده‌اند^(۱،۲)، با این وجود هر کدام معایب خود را دارند و هیچ یک کامل نیستند.

تعیین لول‌های فیوژن یکی از چالش‌برانگیزترین مسائل در درمان AIS محسوب می‌شود. با اینکه اصول جوش خوردگی که توسط مو و همکاران^(۳) منتشر شد، تاکنون تغییرات اساسی نداشته است، اما با پیشرفت سیستم‌های ابزارگذاری، اصلاحاتی در این روش مورد نیاز است. جراحی اصلاحی در AIS با هدف ایجاد یک ستون فقرات اصلاح‌شده و متعادل، جلوگیری از پیشرفت انحنا و حفظ حداکثر حرکت ستون فقرات انجام می‌شود. در نتیجه، فیوژن انتخابی (SF) که در آن فقط انحناهای ساختاری درمان شده و انحناهای غیرفعال برای حفظ تحرک ستون فقرات نادیده گرفته می‌شوند، اخیراً مورد توجه جراحان ستون فقرات قرار گرفته است^(۴-۱۰).

در سال ۱۹۸۳، کینگ و همکاران^(۱۱) فیوژن انتخابی را در ارتباط با فیوژن انتخابی توراسیک (STF) در اسکولیوز نوع ۲ کینگ معرفی کردند. علاوه بر این، فیوژن انتخابی در نوجوانانی که انحناهایی در ستون فقرات توراسیک و توراколومبار یا لومبار (TL/L) دارند، به این صورت تعریف می‌شود که جوش خوردگی فقط برای یکی از انحناها انجام شده و انتظار می‌رود انحنای دیگر به‌صورت خودبه‌خودی بهبود یابد^(۱۱-۱۵).

تاکنون، مزایای مشخصی برای این روش ارائه نشده است. برخی از جراحان معتقدند که جوش خوردگی کامل منجر به استحکام بیشتر ستون فقرات، کاهش شکست درمان و بهبود نتایج جراحی می‌شود. در مقابل، برخی دیگر که SF را ترجیح می‌دهند، بر این باورند که افزایش تحرک ستون فقرات، سطح فعالیت بالاتری را برای بیماران به ارمغان آورده و کیفیت زندگی آنان را پس از جراحی بهبود می‌بخشد^(۴-۸).

نکته مهم این است که فیوژن TL به همان اندازه که گسترش جوش خوردگی از توراسیک به ستون فقرات کمری باعث کاهش حرکت می‌شود، منجر به محدودیت حرکتی نخواهد شد؛ بنابراین، انتخاب فیوژن TL/L نیازمند ارزیابی دقیق برای دستیابی به حداکثر بهبود رادیوگرافیک و بالینی و حداقل عوارض است. علاوه بر این، انتخاب بیمار و تعیین مهره‌هایی که در جوش خوردگی قرار می‌گیرند، مهم‌ترین چالش در جوش خوردگی انتخابی TL/L محسوب می‌شود.

نویسنده مسئول:

دکتر علیرضا شاکری صفت

Email address:

Alirezashakerisfat@gmail.com

معیارهای فیوژن انتخابی توراکولومبار/لومبار (TL/L)

در سال ۲۰۰۱، طبقه‌بندی لنکه برای اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (AIS) بر اساس تأثیر فیوژن انتخابی در درمان معرفی شد. بر اساس این تکنیک، فقط انحناهای ساختاری باید در جوش خوردگی در نظر گرفته شوند و انحناهای غیرساختاری از برنامه درمان حذف شوند. فیوژن انتخابی TL/L برای انواع C ۵ و C ۶ لنکه تعریف شده است^(۹).

طبق طبقه‌بندی لنکه، زمانی که اندازه انحنا TL/L از انحنا تورااسیک بیشتر باشد، الگوی انحنا به‌عنوان لنکه C ۵ یا C ۶ طبقه‌بندی می‌شود. در نوع ۵ لنکه، انحنا تورااسیک در تصاویر بندینگ جانبی به کمتر از ۲۵ درجه و کیفوز T10-L2 به کمتر از ۲۰ درجه کاهش می‌یابد که چالشی در فیوژن انتخابی ایجاد نمی‌کند؛ اما در نوع ۶ لنکه، ممکن است مشکلاتی ایجاد شود، هرچند در برخی موارد هنوز امکان فیوژن انتخابی TL/L وجود دارد^(۱۵-۱۷).

به نظر می‌رسد که فیوژن انتخابی TL/L فقط در صورتی باید انجام شود که انحنا تورااسیک انعطاف‌پذیر باشد و بیمار به انتهای رشد اسکلتی نزدیک باشد^(۱۰). در غیر این صورت، انحنا تورااسیک به پیشرفت خود ادامه داده و منجر به عوارضی در بخش‌های وسیله گذاری شده‌ی بالا یا پایین ستون فقرات خواهد شد. همچنین، تجربه نشان داده است که فیوژن انتخابی TL/L در دختران قبل از بلوغ قاعدگی، ریسک بالاتری برای شکست جراحی دارد.

مطالعات و معیارهای اولیه فیوژن انتخابی TL/L

- دوایر و شیفر (Dwyer & Schafer) این روش را انجام داده^(۱۱) و معتقد بودند که تنها انحنا لومبار باید جوش داده شود، مشروط بر اینکه انحنا تورااسیک در تصاویر بندینگ جانبی کاملاً اصلاح شود.
- اوگیلوی (Ogilvie) در سال ۱۹۸۸^(۱۲) معیارهای اولیه جوش خوردگی انتخابی TL/L را مشخص کرد که شامل:
 - انحنا تورااسیک اصلی (MT) جبرانی کمتر از ۴۰ درجه
 - انعطاف‌پذیری کافی
 - عدم وجود تغییر شکل ظاهری
- دوپیرن و همکاران^(۱۳) نشان دادند که سن بیمار و شدت انحنا، مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در انعطاف‌پذیری انحنا هستند. انحناهای بزرگ‌تر و بیماران مسن‌تر انعطاف‌پذیری کمتری در انحنا ساختاری دارند.
- هویتما و همکاران^(۱۴) نیز دریافتند که درصد اصلاح انحنا TL/L با افزایش سن کاهش می‌یابد.
- ماجد و همکاران^(۱۵) نشان دادند که اگر اصلاح کمتر از ۵۰٪ از انحنا اولیه یا کمتر از ۴۰ درجه باشد، ممکن است نیاز به فیوژن انحنا جبرانی تورااسیک نیز باشد.

معیارهای رادیوگرافیک لنکه برای فیوژن انتخابی TL/L

لنکه و همکاران^(۱۶) معیارهای رادیوگرافیک زیر را برای فیوژن انتخابی TL/L قدامی (Anterior) تعیین کردند:

- نسبت جابه‌جایی مهره‌ی رأس (AVT) در MT به TL/L بیشتر از ۱/۲۵ باشد،
 - نسبت چرخش مهره‌ی رأسی (AVR) در MT به TL/L بیشتر از ۱/۲۵ باشد.
 - انعطاف‌پذیری انحنا MT بیشتر از TL/L باشد. بهترین حالت: زاویه کاب در بندینگ جانبی MT کمتر از ۲۵ درجه.
 - کیفوز محل اتصال توراکولومبار T10-L2 کمتر از ۲۰ درجه
- همچنین معیارهای بالینی زیر را برای فیوژن انتخابی TL/L تعیین کردند:
- هم‌سطح بودن شانه‌ها یا بالاتر بودن شانه چپ
 - جابجایی تنه TL/L بیشتر از جابجایی تنه MT باشد
 - اندازه‌گیری اسکولیومتر TL/L بیش از MT باشد (با نسبت ۱/۲)
 - برجستگی دنده‌های تورااسیک از نظر زیبایی قابل قبول برای بیمار، والدین و جراح باشد، زیرا تغییرات دنده‌ی پس از جراحی حداقل خواهد بود.

نتایج نهایی و معیارهای انتخاب بیماران

ساندرز و همکاران^(۱۷) در بررسی ۲ ساله ۴۹ بیمار که تحت جوش خوردگی انتخابی TL/L قدامی قرار گرفته بودند، نتیجه گرفتند که:

- انحنا تورااسیک کمتر از ۴۰ درجه می‌تواند نتایج قابل قبولی داشته باشد.
- بلوغ اسکلتی (طبق معیار غضروف تری رادیت) بهترین پیش‌بینی‌کننده‌ی نتیجه مطلوب بود.
- نسبت TL/L به MT در زاویه کاب بیشتر از ۱/۲۵
- انحنا TL/L کمتر از ۵۵ درجه
- یا زاویه کاب در رادیوگرافی بندینگ برای انحنا تورااسیک ۲۵ درجه یا کمتر، از پیش‌بینی‌کننده‌های موفقیت در جراحی بودند.

به نظر می‌رسد تمام این معیارها برای فیوژن TL/L قدامی، برای روش خلفی نیز قابل اجرا هستند.

شاخص‌های کلیدی برای فیوژن انتخابی TL/L**کاندید مناسب**

نوع C ۵ و C ۶ لنکه

معیارهای بالینی برای فیوژن انتخابی TL/L

- شانه‌ها در یک سطح باشند یا شانه چپ بالاتر باشد
- جابجایی تنه در TL/L بیشتر از انحنا تورااسیک باشد

بزرگ‌تر و AVT ناحیه تورا کولومبار/کمری در یک هفته پس از جراحی، انحناى TL/L با انعطاف‌پذیری کمتر، کایفوز بیشتر در TL، زاویه اتصال انتهایی بزرگ‌تر، تیلت LIV قبل از عمل کمتر از ۲۵ درجه و عدم توانایی در بازگرداندن شیب LIV به کمتر از ۸ و جابجایی UIV پیش از عمل ≤ 2.5 mm همه به‌عنوان عوامل خطر برای عدم تعادل کروئال پس از عمل CIB

عدم تعادل کروئال: عدم تعادل کروئال (CIB) به انحراف جانبی تنه در صفحه فرونتال اشاره دارد که به طور رادیوگرافیک به عنوان جابجایی افقی بیش از ۲ سانتی‌متر بین خط شاغول C7 و مرکز ساکروم تعریف می‌شود. این عارضه یک عارضه شناخته‌شده پس از جراحی انحراف ستون فقرات است که اغلب منجر به نگرانی‌های زیبایی و اختلال عملکردی می‌شود، اگرچه ارتباط آن با کمردرد در ارزیابی‌های کوتاه‌مدت هنوز قطعی نیست. گزارش شده‌اند^(۳۱-۳۵). با وجود بسیاری از مطالعات در مورد عوامل مؤثر بر CIB پس از عمل، بیشتر بیماران با CIB پس از عمل و عدم تعادل شانه در پایان دوره پیگیری تعادل کروئال و شانه دارند. علاوه بر این، CIB تأثیری بر درد کمر و نتیجه بالینی بیماران ندارد، حداقل در پیگیری‌های کوتاه‌مدت^(۳۲،۳۶،۳۷).

مقایسه روش‌های قدامی و پشتی

مقایسه روش‌های قدامی و پشتی نشان داد که نرخ تصحیح در انحناى جوش خوردن TL/L، انحناى غیرجوش‌خورده قفسه سینه و عوارض مشابه بود^(۲۴،۳۸). از طرف دیگر، شیوع پایین‌تری از شکست ابزار و شبه‌جوشی و شیوع بالاتری از کایفوز در محل اتصال پروکسیمال (PJK) به دلیل سفتی ساختاری و سطوح جوش طولانی‌تر در روش پشتی گزارش شده است^(۲۸،۳۹،۴۰). حتی یک سطح جوش کمتر می‌تواند حرکت بیشتری را در این ناحیه حفظ کند، زیرا بیشتر حرکت ستون فقرات در ناحیه کمری اتفاق می‌افتد. لی و همکاران^(۴۰) نشان دادند که جوش TL/L پشتی در بازگردانی لوردوز کمری (LL) و حفظ لوردوز در بخش‌های تجهیز شده نسبت به روش قدامی در پیگیری‌های بعد از عمل کوتاه‌مدت تا بلندمدت در صفحه ساجیتال برتر است. آن‌ها همچنین نشان دادند که حتی ابزارآلات نسل جدید با کیج‌های استراکچرال در روش قدامی نمی‌توانند از کایفوز بالقوه در قسمت وسیله گذاری شده در بلندمدت جلوگیری کنند. علاوه بر این، آن‌ها گزارش کردند که کایفوز توراسیک (TK) در هر دو گروه به خوبی بازگردانی شده است. با این حال، TK در گروه خلفی در پیگیری نهایی بالاتر بود، ولی این تفاوت از نظر آماری معنادار نبود. این نتایج با نتایج یک مطالعه متاآنالیز مطابقت داشت^(۳۸).

فیوژن انتخابی TL/L در نوع ۶ لنکه

مطالعات کمی در مورد نتیجه انحناى توراسیک ساختاری غیرفیوز شده پس از فیوژن انتخابی TL/L در بیماران AIS نوع ۶ لنکه انجام شده است. چانگ و همکاران^(۴۱) پارامترهای رادیوگرافی ۱۸ بیمار AIS نوع ۵ لنکه را با ۱۳ بیمار نوع ۶ مقایسه کردند که میانگین نرخ تصحیح ۳۲/۲٪ را پس از فیوژن انتخابی TL/L خلفی در گروه نوع ۶ نشان دادند. با این

مقدار انحناى TL/L در اسکولیومتر از مقدار انحناى توراسیک بیشتر باشد

معیارهای رادیولوژیک برای فیوژن انتخابی TL/L

- نسبت جابجایی مهره‌های رأسی TL/L (AVT) به MT بیش از ۱/۲۵ باشد
- نسبت چرخش مهره‌های رأسی TL/L (AVR) به MT بیش از ۱/۲۵ باشد
- زاویه کاب TL/L به زاویه کاب MT بیش از ۱/۲۵ باشد

معیارهای اضافی

- زاویه انحناى MT کمتر از ۴۰ درجه باشد
- انحناى TL/L کمتر از ۵۵ درجه باشد
- انعطاف‌پذیری MT بیشتر از TL/L باشد
- عدم وجود کایفوز در محل اتصال تورا کولومبار (T10-L2<20°)

اپروچ قدامی یا خلفی

فیوژن انتخابی TL/L می‌تواند از روش‌های قدامی یا پشتی انجام شود. تصحیح و جوش دادن قدامی با استفاده از ابزارها نسبت به روش خلفی چندین مزیت دارد، به شرح زیر: ۱- نیروی تصحیح در فاصله بیشتری از مرکز انحنا در هر دو جابجایی جانبی و چرخش اعمال می‌شود که منجر به قدرت تصحیح بیشتری می‌گردد^(۱۸-۲۰)، ۲- ستون فقرات در روش قدامی کوتاه‌تر می‌شود که در مقایسه با روش خلفی خطر آسیب کششی به نخاع را کاهش می‌دهد^(۳،۱۸)، ۳- بخش‌های بیشتری از حرکات می‌توانند به دلیل سطوح جوش داده شده کوتاه‌تر حفظ شوند^(۴۰،۲۱)، ۴- از پدیده "Crankshaft" در کودکان جلوگیری می‌شود^(۱۸) که این امر با دید بهتر و جوش خوردن بین مهره ای و وابستگی کمتر به تکنیک همراه است^(۲۲-۲۴). همچنین، تصحیح چرخش مهره‌ها و کاهش بیماری در ناحیه‌های مجاور نیز به‌عنوان مزایای این روش گزارش شده است^(۲۵). عوارض شامل شکست ابزار، پسودوآرتروز، اختلالات ریوی، ناتوانی در گسترش سطح جوش و مکانیزم فشاری کایفوتیک بوده است^(۲۷-۲۵). با این حال، فقط ۲۳ گروه مطالعه (۳۸٪) به دلیل آگاهی جراحان روش‌های قدامی را انجام داده‌اند^(۳۸). همچنین، تصحیح بهتری با معایب کمتری از روش خلفی می‌توان با ظهور پیچ‌های پدیکولار به دست آورد که به افزایش استحکام ساختار ابزارهای ستون فقرات منجر می‌شود.

نرخ میانگین تصحیح ۷۰-۸۵٪ از انحناى TL/L جوش داده شده در روش‌های قدامی یا خلفی در نوع C5 لنکه گزارش شده است^(۱۴،۲۹،۳۰). همچنین، نرخ تصحیح ۴۰-۵۵٪ برای انحناى MT که فیوز نشده است با ۱ تا ۱۰ درجه از دست رفتن تصحیح در ارتباط با انحناى جوش داده شده یا جوش داده نشده در پیگیری نهایی گزارش شده است. با این حال، عدم تعادل کروئال و شانه بلافاصله پس از جراحی تا ۵۰٪ بوده که بیشتر آنها در طول پیگیری به تعادل خود رسیدند^(۳۱،۳۲). اگرچه شیب L5 قبل از عمل بیشتر از ۱۰° در رادیوگرافی‌های بندینگ، پایین‌ترین مهره وسیله گذاری شده (LIV) بزرگ‌تر، سن کمتر در زمان جراحی، انحناى TL/L

مه‌ره پایدار قرار داشت؛ بنابراین، انتخاب LIV ممکن است نیاز به در نظر گرفتن مه‌ره پایدار و LTV داشته باشد.

الاینمنت ساژیتال

تعداد کمی از مقالات، پلن ساژیتال را در فیوژن انتخابی TL/L مورد ارزیابی قرار داده‌اند، با وجود اینکه پلن کروئال به‌طور گسترده‌تری بررسی شده است. ۳۹ بیمار با اسکولیوز ایدیوپاتیکی لنکه تایپ 5c که تحت فیوژن انتخابی posterior TL/L قرار گرفته بودند^(۴۶-۴۷)، مورد ارزیابی قرار گرفتند و به دو گروه بر اساس کایفوز T5-T12 (sagittal modifier) تقسیم شدند: N (بین ۱۰ تا ۴۰ درجه) و M (کمتر از ۱۰ درجه). به‌طور کلی، انحنا اصلی TL/L، انحنا تورااسیک کوچکتر، کایفوز تورااسیک کلی TK(T1-12)، کایفوز تورااسیک پایینی LTK(T5-12)، کایفوز تورااکولومبار TLK(T10-L2)، لوردوز گردنی (CL)، شیب T1، c7 sagittal vertical axis و اپکس کایفوز تورااسیک در مقایسه با قبل از عمل و پیگیری نهایی به‌طور معناداری تغییر کرده‌اند. لوردوز لومبار LL، شیب ساکرال (SS)، تیلت لگنی (PT) و نقطه انحناء بعد از جراحی تغییر معناداری نداشتند. در ارتباط با گروه‌های sagittal modifier، لنکه، TK پیش از عمل (T1-12)، TK (T5-12)، TK و CL از دو گروه به‌طور معناداری متفاوت بودند. بین دو گروه پس از عمل تفاوت معناداری وجود نداشت. این نتایج با مطالعه اوکوبو و همکارانش^(۴۸) مطابقت داشت که نشان داد جراحی فیوژن انتخابی TL/L بیشتر احتمال دارد که بر گروه M تأثیر بگذارد تا گروه N در الاینمنت ساژیتال. در این زمینه، کارادامیر و همکاران^(۴۹) پیشنهاد کردند که فیوژن انتخابی تنها برای sagittal modifier لنکه N انجام شود و نه برای بیمارانی که کایفوز T5-T12 آنها بیشتر از ۴۰ درجه است. از طرف دیگر، LL و پارامترهای اسپینوپلویک پس از فیوژن انتخابی TL/L تغییر می‌کنند^(۵۰-۵۱)، به‌طوری که نشان می‌دهد طول میانگین فیوژن بیشتر بوده و LIV در موقعیت دورتر قرار می‌گیرد تا بر الاینمنت لومبوساکرال تأثیر بگذارد.

برای اولین بار در سال ۲۰۱۷، وانگ و همکاران^(۵۲) تأثیر همبستگی بین فیوژن انتخابی خلفی تورااکولومبار/کمری (TL/L) و الاینمنت ساژیتال گردنی (CSA) را در ۳۰ بیمار مبتلا به اسکولیوز نوع 5c لنکه بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که اصلاح قوس کمری بعد از جراحی مستقیماً بر CSA تأثیر نمی‌گذارد. با این حال، اصلاح بیش از حد غیرمستقیم در قوس TL/L منجر به افزایش الاینمنت ساژیتال تورااسیک (TSA) شد که شیب ساژیتال T1 را افزایش داده و در نتیجه بر CSA در بیماران مبتلا به اسکولیوز نوع 5c لنکه تأثیر گذاشت. علاوه بر این، مشخص شد که شیب T1 در دوره‌های قبل و بعد از عمل با لوردوز C2-C7، کایفوز پروگزیمال (proximal-TK) و کایفوز کلی تورااسیک (global-TK) ارتباط دارد. افزایش TSA در برخی از بیماران باعث توسعه لوردوز گردنی (CL) به دلیل حفظ دید افقی شد. با این حال، برخی بیماران به دلیل سفتی ذاتی ستون فقرات گردنی، بازگشت کاهش لوردوز گردنی را تجربه کردند^(۴۴).

حال، نرخ تصحیح در هر دو انحنا فیوز شده TL/L و انحنا غیرجوش‌خورده قفسه سینه نسبت به گروه نوع 5c لنکه در هر زمان از مطالعه پایین‌تر بود. نتایج گزارش شده توسط دیرتو-سانتوس و همکاران^(۴۳) از ۱۰ بیمار با انحنا AIS نوع 6c که تحت فیوژن انتخابی TL/L اقدامی قرار گرفتند، با نرخ تصحیح ۲۲/۴٪ از انحنا غیر فیوز شده تورااسیک نیز قابل مقایسه با مطالعه قبلی بود. بدتر شدن انحنا تورااسیک فیوز نشده در دوره پیگیری احتمالاً به پتانسیل رشد باقی‌مانده در زمان جراحی مربوط می‌شود^(۱۷،۴۳). انحنا جبرانی تورااسیک نسبتاً انعطاف‌پذیر است و احتمالاً پس از فیوژن انتخابی TL/L در بیماران با رشد اسکلتی نارس به‌طور خودبه‌خود تصحیح می‌شود.

با این حال، افزایش در انحنا تورااسیک فیوز نشده به دلیل نارس بودن نیاز به بررسی بیشتری دارد. چانگ و همکاران همچنین نشان دادند که هیچ تفاوت معناداری از نظر آماری در AVT ناحیه تورااکولومبار/لومبار در هیچ زمان‌سنجی وجود ندارد که ممکن است دلیل واقعی نمرات مشابه SRS-22 بین دو گروه باشد. در بیماران AIS، هدف درمان نهایی تصحیح ظاهر و تعادل ستون فقرات آنها در حالی است که سطح فیوژن را کمتر کند و فیوژن انتخابی TL/L گزینه درمانی ارزشمندی برای انحنا نوع 6c لنکه است.

انتخاب پایین‌ترین مه‌ره وسیله گذاری شده (LIV)

یکی از مسائل اصلی در فیوژن انتخابی TL/L، انتخاب LIV است، به طوری که فیوژن بیشتر باعث اصلاح بهتر با حرکت کمتر ستون فقرات می‌شود؛ بنابراین، انتخاب LIV باید حداکثر اصلاح و حرکت را فراهم کند. وانگ و همکارانش^(۴۴) دو فرمول برای انتخاب LIV و پیش‌بینی اصلاح و تعادل نهایی ارائه کردند: اول: فاصله نهایی مه‌ره آپیکال کمری (AV) منهای فاصله خط عمودی مرکزی ساکروم (CSVL) مساویست با ۱۴/۱ به علاوه ۱/۲ ضربدر (فاصله LIV-CSVL پیش از عمل) دوم: فاصله AV-CSVL منهای قفسه سینه مساویست با ۳۶/۲ به علاوه ۰/۵ ضربدر (فاصله AV-CSVL منهای قفسه سینه پیش از عمل به علاوه ۰/۷ ضربدر (فاصله LIV-CSVL پیش از عمل). آن‌ها همچنین جابجایی تا ۲۸ میلی‌متر و کج شدن تا ۲۵ درجه را به عنوان معیارهای عمومی برای انتخاب LIV در نظر گرفتند. به عنوان مثال، فاصله AV-CSVL نهایی کمری ۲۵ میلی‌متر می‌تواند منجر به فاصله LIV-CSVL پیش از عمل کمتر از ۹/۱ میلی‌متر شود. زوانگ و همکاران^(۴۵) معیارهای انتخاب LIV را به شرح زیر تعریف کردند: ۱- بالاترین مه‌ره‌ای که با CSVL تماس دارد، ۲- چرخش درجه یک یا کمتر در سیستم درجه‌بندی نش-مو در رادیوگرافی AP ایستاده، ۳- عبور CSVL بین دو پدیکل LIV در رادیوگرافی بندینگ سمت مقعر و ۴- عدم قرارگیری در قله کایفوز. بر اساس طبقه‌بندی کینگ، CSVL به صورت خط عمود بر خط کرست ایلپاک تعریف می‌شود^(۴۷). ایلها ربارده و همکاران^(۴۶) نیز نشان دادند که در بیمارانی که پدیده افزودنی دارند (رشد بیشتر از ۵ درجه از کج شدن جلویی LIV)، LIV مه‌ره‌ای بود که در ۶۲/۵ درصد بیماران بالای آخرین مه‌ره تماس (LTV) و در ۸۷/۵ درصد بالای

نتایج بلندمدت

سانتی‌متر کاهش یافت ($P\text{-value} = ۰/۰۰۶$) و هیچ موردی از جراحی مجدد یا عفونت گزارش نشد. تنها یک بیمار به دلیل دژنراسیون علامت‌دار دیسک تحت عمل جراحی درد کمتری قرار گرفت.

در مطالعه Direito-Santos و همکاران^(۴۲)، فیوژن انتخابی TL/L از طریق روش قدیمی در ۶۵ بیمار با لنکه نوع ۵ و ۱۰ بیمار با لنکه نوع C۶ با میانگین پیگیری ۹ سال بررسی شد. در بیماران لنکه نوع C۵، میزان اصلاح منحنی TL/L فیوژن شده $۱۰/۵ \pm ۱/۸۵$ بود که در پیگیری نهایی نیز مشابه باقی ماند ($P\text{-value} > ۰/۰۵$). در مورد منحنی توراسیک غیر فیوژن شده، میزان اصلاح پس از جراحی $۳۰/۵ \pm ۱/۵۹$ بود که در پیگیری نهایی به $۲۸/۹ \pm ۱/۶۶$ افزایش یافت ($P\text{-value} < ۰/۰۱۸$). CB از $۱۴\text{mm} \pm ۲۸/۹$ به $۶/۷\text{mm} \pm ۵/۷$ کاهش یافت ($P\text{-value} < ۰/۰۰۱$) و در پیگیری نهایی تغییر معناداری مشاهده نشد. زاویه کیفوز توراسیک (TK) و لوردوز کمتری (LL) نیز نسبت به مقادیر قبل از جراحی تفاوت معناداری نداشتند.

در گروه لنکه نوع C۶، میانگین زاویه کاب TL/L قبل از جراحی $۱۳/۹ \pm ۵۸/۶$ بود که پس از جراحی به $۱۴/۵ \pm ۲۲/۶$ کاهش ($P\text{-value} < ۰/۰۰۱$) و میزان اصلاح آن $۲۰/۶ \pm ۱/۶۲$ بود که در پیگیری نهایی نیز مشابه باقی ماند ($P\text{-value} > ۰/۰۵$). زاویه کاب توراسیک از $۷/۶ \pm ۳۹$ به $۱۰/۱ \pm ۳۰/۶$ کاهش یافت ($P\text{-value} < ۰/۰۰۸$) و میزان اصلاح آن $۱۷/۵ \pm ۲۲/۴$ بود. در پیگیری نهایی، زاویه کاب توراسیک $۱۰/۷ \pm ۲۹/۳$ بود و تغییر معناداری نسبت به زمان پس از جراحی مشاهده نشد. در این گروه، CB از $۱۴/۵\text{mm} \pm ۲۰/۹$ قبل از جراحی به $۱۴/۲\text{mm} \pm ۱۶/۶$ در پیگیری نهایی کاهش یافت ($P\text{-value} = ۰/۰۸۶$). در ۱۰ بیمار (۱۵/۴٪) از گروه C۵ و دو بیمار (۲۰٪) از گروه C۶، جوش نخوردگی بدون علامت در آخرین سطح مشاهده شد. در ارزیابی رادیوگرافیک نهایی، هیچ تغییر دژنراتیو معناداری مشاهده نشد.

علاوه بر این، چن و همکارانش^(۴۷) (Chen et al.) مطالعه‌ای روی بیماران مبتلا به اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (AIS) نوع ۵ لنکه (Lenke type) 5 AIS با میانگین پیگیری $۰/۸۵ \pm ۱۱/۲۶$ سال انجام دادند تا تأثیر جوش دادن انتخابی خلفی (posterior selective TL/L fusion) را ارزیابی کنند. میانگین زاویه کاب (Cobb) در انحنا توراسیک و توراکولومبار/لومبار (TL/L) قبل از عمل به ترتیب $۹/۰ \pm ۲۴/۰$ درجه و $۶/۳ \pm ۴۵/۴$ درجه بود که در سه ماه پس از عمل به $۱۲/۲$ درجه و $۱۲/۴$ درجه کاهش یافت و در پیگیری ۱۰ ساله، میزان از دست رفتن اصلاح به ترتیب $۲/۲$ درجه و $۱/۵$ درجه بود.

آن‌ها همچنین بیان کردند که ۲۰ نفر از ۳۷ بیمار در مطالعه‌شان قبل از عمل عدم بالانس کرونال (CIB) داشتند، اما بیشتر بیماران طی سه ماه نخست پس از عمل و در طول دوره پیگیری به سطح طبیعی رسیدند. علاوه بر این، میزان کیفوز توراسیک (TK) و زاویه جانکشنال پروگزیمال (PJA) در طول زمان به تدریج افزایش یافت. پدیده کیفوز جانکشنال پروگزیمال (PJK) در ۱ بیمار از ۳۷ نفر ($۲/۷\%$) (در سه ماه پس از عمل و

نتایج درازمدت، رضایت بیماران و عوارض پس از فیوژن انتخابی TL/L از اطلاعات مهم به شمار می‌آیند. بر اساس مطالعه‌ای که اعتمادی فر و همکاران^(۴۴) روی همه بیماران تحت فیوژن انتخابی (SF) برای ارزیابی نتایج طولانی‌مدت در اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (AIS) انجام دادند، مشخص شد که بیماران به‌طور قابل توجهی بعد از جراحی بهبود یافتند. نسبت انحراف عرضی مهره رأسی توراسیک (AVT) به انحراف عرضی مهره رأسی توراکولومبار/کمتری نیز به‌طور معناداری بهبود پیدا کرد. علاوه بر این، اعتماد فر و همکاران گزارش کردند که هیچ‌یک از بیماران دچار پیشرفت دفورمیتی، دفورمیتی افزایشی (adding-on deformity)، عدم تعادل در صفحه کرونال (coronal decompensation) یا نیاز به جراحی مجدد نشدند. همچنین، تحلیل رضایت بیماران نشان داد که $۸۵/۸\%$ از بیماران راضی و $۹/۲\%$ ناراضی بودند.

لوئر و همکاران^(۴۵) بیماران تحت فیوژن انتخابی توراسیک را از بیماران تحت فیوژن TL/L متمایز کرده و هر گروه را به‌طور جداگانه بررسی کردند. میانگین زاویه انحنا کرونال TL/L قبل از جراحی ۸ ± ۴۵ درجه و در اولین معاینه ایستاده ۷ ± ۱۶ درجه بود که نشان‌دهنده ۶۴% اصلاح است. این میزان اصلاح در بررسی‌های میان‌مدت و پیگیری ۱۰ ساله نیز مشابه بود (به ترتیب ۶۲% و ۶۰% نسبت به قبل از جراحی؛ $P\text{-value} > ۰/۰۵$). قوس جبرانی MT که تحت فیوژن قرار گرفته بود، قبل از جراحی به‌طور متوسط ۲۵ ± ۸ درجه، در اولین پیگیری ایستاده ۲۰ ± ۸ درجه (۲۱% اصلاح) و در پیگیری ۱۰ ساله ۱۶ ± ۷ درجه (۶۰% اصلاح نسبت به قبل از جراحی) بود. علاوه بر این، تعادل کرونال (CB) از $۳/۱$ سانتی‌متر قبل از جراحی به $۰/۹$ سانتی‌متر در پیگیری ۱۰ ساله کاهش یافت ($P < ۰/۰۰۱$) که نشان‌دهنده بهبود قابل توجهی در بیماران تحت فیوژن انتخابی TL/L بود.

همچنین، کیفوز توراسیک (TK) بعد از جراحی تفاوت معناداری نسبت به قبل از جراحی نشان نداد و لوردوز کمتری (LL) نیز پس از جراحی نرمال باقی ماند، حتی با وجود هایپولوردوز کمتری موقت در اولین پیگیری ایستاده^(۴۸).

در مطالعه دلفینو و همکاران^(۴۶)، ۳۵ بیمار مبتلا به اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان (AIS) که تحت فیوژن انتخابی قدامی ناحیه توراکولومبار/لومبار (TL/L) قرار گرفته بودند، حداقل به مدت ۱۲ سال مورد ارزیابی قرار گرفتند. زاویه کاب TL/L قبل از جراحی $۴۹/۵ \pm ۹$ بود که میزان اصلاح آن در دوره پس از جراحی و پیگیری نهایی به ترتیب $۱۳ \pm ۷/۷۹$ و $۱۸ \pm ۷/۲۲$ بود. زاویه کاب ناحیه توراسیک قبل از جراحی $۳۱/۴ \pm ۱۴/۲$ بود که پس از جراحی به $۱۱/۹ \pm ۱۸/۴$ و در پیگیری نهایی به $۱۰/۸ \pm ۱۷/۸$ کاهش یافت. چرخش مهره‌های رأسی از $۷/۸ \pm ۲۵/۸$ به $۵/۵ \pm ۹/۲$ و در نهایت به $۵/۲ \pm ۸$ بهبود یافت ($P\text{-value} = ۰/۰۰۱$). پارامترهای ساجیتال $T5-T12 = ۲۷/۲$ و $L1-S1 = ۵۶/۹$ (در هیچ‌یک از زمان‌های ارزیابی تغییر معناداری نداشتند). تعادل کرونال (CB) از $۲/۴$ سانتی‌متر به $۱/۶$ سانتی‌متر پس از جراحی و در پیگیری نهایی به $۰/۸$

- in idiopathic scoliosis. *Spine J.* 2014;14(7):1117-1124. doi:10.1016/j.spinee.2013.07.464
- 6 Studer D, Awais A, Williams N, Antoniou G, Eardley-Harris N, Cundy P. Selective fusion in adolescent idiopathic scoliosis: a radiographic evaluation of risk factors for imbalance. *J Child Orthop.* 2015;9(2):153-160. doi:10.1007/s11832-015-0654-z
 - 7 Bosch P, Kenkre TS, Londino JA, Cassara A, Yang C, Waters JH. Coagulation profile of patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing posterior spinal fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98(20):e88. doi:10.2106/JBJS.15.01384
 - 8 Jiang J, Qian BP, Qiu Y, Wang B, Yu Y, Zhu ZZ. Full fusion of proximal thoracic curve helps to prevent postoperative cervical tilt in Lenke type 2 adolescent idiopathic scoliosis patients with right-elevated shoulder. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):1-7. doi:10.1186/s12891-017-1797-5
 - 9 Lenke LG, Edwards CC, Bridwell KH. The Lenke classification of adolescent idiopathic scoliosis: how it organizes curve patterns as a template to perform selective fusions of the spine. *Spine.* 2003;28(20):S199-207. doi:10.1097/01.BRS.0000092219.13639.96
 - 10 Lee CS, Hwang CJ, Lee DH, Cho JH. Five major controversial issues about fusion level selection in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: a narrative review. *Spine J.* 2017;17(7):1033-1044. doi:10.1016/j.spinee.2017.03.019
 - 11 Dwyer A, Schafer MF. Anterior approach to scoliosis: results of treatment in fifty-one cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1974;56(2):218-224. doi:10.1302/0301-620X.56B2.218
 - 12 Ogilvie JW. Anterior spine fusion with Zielke instrumentation for idiopathic scoliosis in adolescents. *Orthop Clin North Am.* 1988;19(2):313-317. PMID: 3282199
 - 13 Deviren V, Berven S, Kleinstueck F, Antinnes J, Smith JA, Hu SS. Predictors of flexibility and pain patterns in thoracolumbar and lumbar idiopathic scoliosis. *Spine.* 2002;27(21):2346-2349. doi:10.1097/00007632-200211010-00008
 - 14 Huitema GC, Jansen RC, van Ooij A, Punt IM, van Rhijn LW. Predictability of spontaneous thoracic curve correction after anterior thoracolumbar correction and fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J.* 2015;15(5):966-970. doi:10.1016/j.spinee.2013.06.091
 - 15 Majd ME, Castro FP, Holt RT. Anterior fusion for idiopathic scoliosis. *Spine.* 2000;25(6):696-702. doi:10.1097/00007632-200003150-00008
 - 16 Lenke LG, Bridwell KH, Baldus C, Blanke K. Preventing decompensation in King type II curves treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine.* 1992;17(8 Suppl):S274-281. doi:10.1097/00007632-199208001-00004
 - 17 Sanders AE, Baumann R, Brown H, Johnston CE, Lenke LG, Sink E. Selective anterior fusion of thoracolumbar/lumbar curves in adolescents: when can the associated thoracic curve be left unfused? *Spine.* 2003;28(7):706-713. doi:10.1097/01.BRS.0000051923.07449.9A
 - 18 Dwyer A, Newton N, Sherwood A. An anterior approach to scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1969;62:192-202. PMID: 5785953
 - 19 Luk KD, Leong JC, Reyes L, Hsu LC. The comparative results of treatment in idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis using the Harrington, Dwyer, and Zielke instrumentations. *Spine.* 1989;14(3):275-280. doi:10.1097/00007632-198903000-00007

در ۱۲ بیمار از ۳۷ نفر) ۳۲/۴٪ (در ۱۰ سال پیگیری مشاهده شد، اما هیچ تفاوت معناداری بین گروه M و گروه N (بر اساس اصلاح‌کننده ساجیتال لنکه) و بین گروه عدم تعادل و گروه تعادل یافته در بازه سه ماه و ده سال پس از عمل دیده نشد؛ بنابراین، PJK همچنان یک مشکل چندعاملی و مکانیزم جبرانی پویا محسوب می‌شود که به حفظ تعادل بدن و کاهش مصرف انرژی در حین راه رفتن یا ایستادن کمک می‌کند. پدیده «افزودگی (Adding-on phenomenon)» و دکامپنسیشن انحنا توراسیک فیوز نشده به‌عنوان عوارض مهم فیوژن انتخابی (SF) شناخته می‌شوند که باعث می‌شوند برخی جراحان ستون فقرات از این تکنیک استفاده نکنند. پدیده افزودگی با کاهش تدریجی اصلاح، انحراف پیشرونده مهره‌های ناحیه لومبار، یا تغییر زاویه دیسک‌ها در زیر مهره انتهایی جوش‌خورده (LIV) مشخص می‌شود. میزان بروز پدیده افزودگی و دکامپنسیشن انحنا توراسیک به ترتیب تا ۳۶٪ و ۲۹٪ گزارش شده است^(۶). با این حال، در بیشتر موارد نیازی به جراحی اصلاحی (revision surgery) وجود نداشت و بیماران نیز از نظر بالینی شکایتی نداشتند^(۶،۴۵).

نتیجه‌گیری

به طور کلی، بخش بحث این مطالعه بر اثربخشی و ایمنی فیوژن انتخابی قفسه سینه برای اسکولیوز ایدیوپاتیک نوجوانان تأکید می‌کند. این مقاله اهمیت انتخاب مناسب بیماران، مزایای این روش بر کیفیت زندگی و ضرورت تحقیقات بیشتر برای پرداختن به شکاف‌های موجود در ادبیات را برجسته می‌کند. این یافته‌ها می‌توانند راهنمایی برای پزشکان در تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در مورد گزینه‌های درمانی برای نوجوانان مبتلا به اسکولیوز باشند.

منابع

- 1 Lenke LG, Betz RR, Harms J, Bridwell KH, Clements DH, Lowe TG, et al. Adolescent idiopathic scoliosis: a new classification to determine extent of spinal arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83(8):1169-1181. doi:10.2106/00004623-200108000-00006
- 2 King HA, Moe JH, Bradford DS, Winter RB. The selection of fusion levels in thoracic idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(9):1302-1313. doi:10.2106/00004623-198365090-00005
- 3 Moe JH. Modern concepts of treatment of spinal deformities in children and adults. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(150):137-153. PMID: 7438602
- 4 Edwards CC, Lenke LG, Peelle M, Sides B, Rinella A, Bridwell KH. Selective thoracic fusion for adolescent idiopathic scoliosis with C modifier lumbar curves: 2- to 16-year radiographic and clinical results. *Spine.* 2004;29(5):536-546. doi:10.1097/01.brs.0000108743.10876.8b
- 5 Senkoylu A, Luk KD, Wong YW, Cheung KM. Prognosis of spontaneous thoracic curve correction after the selective anterior fusion of thoracolumbar/lumbar (Lenke 5C) curves

- 20 Lenke L, Clements D, Harms J, Newton P, et al. Anterior single-rod instrumentation of the thoracic and lumbar spine: saving levels. *Spine*. 2003;28(20):S208-216. doi:10.1097/01.BRS.0000092218.87251.07
- 21 Wang ZW, Shen YQ, Wu Y, Li J, Liu Z, Xu JK, et al. Anterior Selective Lumbar Fusion Saving More Distal Fusion Segments Compared with Posterior Approach in the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis with Lenke Type 5. *Orthop Surg*. 2021;13(8):2327-2334. doi:10.1111/os.13074
- 22 Hee HT, Yu ZR, Wong HK. Comparison of segmental pedicle screw instrumentation versus anterior instrumentation in adolescent idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. *Spine*. 2007;32(14):1533-1542. doi:10.1097/BRS.0b013e318067dc24
- 23 Geck MJ, Rinella A, Hawthorne D, Macagno A, Koester L, Sides B, et al. Comparison of surgical treatment in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis: anterior dual rod versus posterior pedicle fixation surgery. *Spine*. 2009;34(18):1942-1951. doi:10.1097/BRS.0b013e3181b03d82
- 24 Li M, Ni J, Fang X, Liu H, Zhu X, He S, et al. Comparison of selective anterior versus posterior screw instrumentation in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2009;34(11):1162-1166. doi:10.1097/BRS.0b013e31819e2c44
- 25 Tanaka M, Fujiwara Y, Uotani K, Yamauchi T, Misawa H. C-Arm-Free Anterior Correction for Adolescent Idiopathic Scoliosis (Lenke Type 5C): Analysis of Early Outcomes and Complications. *World Neurosurg*. 2021;149:e1090-e1097. doi:10.1016/j.wneu.2021.03.133
- 26 Sweet FA, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke KM, Whorton J. Prospective radiographic and clinical outcomes and complications of single solid rod instrumented anterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2001;26(18):1956-1965. doi:10.1097/00007632-200109150-00007
- 27 Shufflebarger HL, Geck MJ, Clark CE. The posterior approach for lumbar and thoracolumbar adolescent idiopathic scoliosis: posterior shortening and pedicle screws. *Spine*. 2004;29(3):269-276. doi:10.1097/01.BRS.0000109882.74125.19
- 28 Yoshihara H. Surgical Treatment of Lenke Type 5 Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Systematic Review. *Spine*. 2019;44(13):E788-E799. doi:10.1097/BRS.0000000000003019
- 29 Bin Y, Zhang JG, Qiu GX, Lu WC, Wang YP, Shen JX, et al. Selective anterior thoracolumbar/lumbar fusion and instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis patients. *Chin Med J*. 2010;123(21):3003-3008. doi:10.3760/cma.j.issn.0366-6999.2010.21.011
- 30 Zhang Y, Lin G, Zhang J, Guo J, Wang S, Yang Y, et al. Radiographic evaluation of posterior selective thoracolumbar or lumbar fusion for moderate Lenke 5C curves. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017;137(1):1-8. doi:10.1007/s00402-016-2594-6
- 31 Yang C, Zhao Y, Zhai X, Li J, Zhu X, Li M. Coronal balance in idiopathic scoliosis: a radiological study after posterior fusion of thoracolumbar/lumbar curves (Lenke 5 or 6). *Eur Spine J*. 2017;26(6):1775-1781. doi:10.1007/s00586-016-4921-6
- 32 Matsumura A, Iwamae M, Namikawa T, Kato M, Hori Y, Hidaka N, et al. Spontaneous improvement of postoperative coronal imbalance following selective thoracolumbar-lumbar fusion in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis. *World Neurosurg*. 2021;148:e269-e275. doi:10.1016/j.wneu.2021.01.147
- 33 Li J, Hwang SW, Shi Z, Yan N, Yang C, Wang C, et al. Analysis of radiographic parameters relevant to the lowest instrumented vertebrae and postoperative coronal balance in Lenke 5C patients. *Spine*. 2011;36(20):1673-1678. doi:10.1097/BRS.0b013e31820e626e
- 34 Hwang CJ, Lee CS, Kim H, Lee DH, Cho JH. Spontaneous correction of coronal imbalance after selective thoracolumbar-lumbar fusion in patients with Lenke-5C adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J*. 2018;18(10):1822-1828. doi:10.1016/j.spinee.2018.03.013
- 35 Yang X, Liu L, Song Y, Zhou C, Zhou Z, Wang L, et al. Pre- and postoperative spinopelvic sagittal balance in adolescent patients with Lenke type 5 idiopathic scoliosis. *Spine*. 2015;40(2):102-108. doi:10.1097/BRS.0000000000000688
- 36 Wang F, Zhou XY, Xu XM, Yang YL, Zhu XD, Bai YS, et al. Cervical sagittal alignment limited adjustment after selective posterior thoracolumbar/lumbar curve correction in patients with Lenke type 5C adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2017;42(9):E539-E546. doi:10.1097/BRS.0000000000001890
- 37 Etamadifar MR, Andalib A, Yazdi MM, Farzinnia S. Evaluation of long term outcome of selective fusion in patients with idiopathic scoliosis. *Int J Burns Trauma*. 2021;11(1):48-55. PMID: 33824782
- 38 Louer C, Yaszay B, Cross M, Bartley CE, Bastrom TP, Shah SA, et al. Ten-year outcomes of selective fusions for adolescent idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(9):761-770. doi:10.2106/JBJS.18.00498
- 39 Delfino R, Pizones J, Ruiz-Juretschke C, Sánchez-Mariscal F, Zúñiga L, Izquierdo E. Selective Anterior Thoracolumbar Fusion in Adolescent Idiopathic Scoliosis: Long-Term Results After 17-Year Follow-Up. *Spine*. 2017;42(13):E788-E794. doi:10.1097/BRS.0000000000002001
- 40 Chen K, Chen Y, Shao J, Zhoutian J, Wang F, Chen Z, et al. Long-Term Follow-up of Posterior Selective Thoracolumbar/Lumbar Fusion in Patients With Lenke 5C Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Global Spine J*. 2020;11(7):1070-1079. doi:10.1177/2192568220965566
- 41 Shetty AP, Suresh S, Aiyer SN, Kanna R, Rajasekaran S. Radiological factors affecting post-operative global coronal balance in Lenke 5 C scoliosis. *J Spine Surg*. 2017;3(4):541-547. doi:10.21037/jss.2017.10.01
- 42 Fortin C, Grunstein E, Labelle H, Parent S, Feldman DE. Trunk imbalance in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine J*. 2016;16(6):687-693. doi:10.1016/j.spinee.2016.01.015
- 43 Hu B, Yang X, Yang H, Liu L, Chen P, Wang L, et al. Coronal imbalance in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis regarding selecting the lowest instrumented vertebra. *World Neurosurg*. 2018;117:e522-e529. doi:10.1016/j.wneu.2018.06.067
- 44 Lin Y, Chen W, Chen A, Li F, Xiong W. Anterior versus posterior selective fusion in treating adolescent idiopathic scoliosis. *World Neurosurg*. 2018;111:e830-e844. doi:10.1016/j.wneu.2018.01.002
- 45 Pan W, Liu Z, Zhao Z, Li J, Zeng C, Zhu Z, et al. Comparison of spontaneous correction in thoracic curves after anterior versus posterior selective fusion in Lenke type 5C adolescent idiopathic scoliosis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*.

- 2018;98(33):2650-5265. doi:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.33.010
- 46 Li J, Zhao Z, Tseng C, Zhu Z, Qiu Y, Liu Z. Selective fusion in Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis. *World Neurosurg.* 2018;118:e784-e791. doi:10.1016/j.wneu.2018.07.052
- 47 Chang SY, Son J, Zheng GB, Chang BS, Lee CK, Kim H. Clinical outcomes of selective fusion for the thoracolumbar-lumbar curve in patients with Lenke type 6C adolescent idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop B.* 2021;30(3):211-217. doi:10.1097/BPB.0000000000000751
- 48 Direito-Santos B, Queirós CM, Serrano P, Encarnação Â, Campos A, Oliveira A. Long-term follow-up of anterior spinal fusion for thoracolumbar/lumbar curves in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2019;44(16):1137-1143. doi:10.1097/BRS.0000000000003041
- 49 Bunnell WP. The natural history of idiopathic scoliosis before skeletal maturity. *Spine.* 1986;11(8):773-776. doi:10.1097/00007632-198610000-00003
- 50 Wang Y, Bünger CE, Zhang Y, Wu C, Li H, Dahl B, et al. Lowest instrumented vertebra selection for Lenke 5C scoliosis: a minimum 2-year radiographical follow-up. *Spine.* 2013;38(14):E894-900. doi:10.1097/BRS.0b013e31829176c0
- 51 Zhuang Q, Zhang J, Wang S, Yang Y, Lin G. How to select the lowest instrumented vertebra in Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis patients? *Spine J.* 2021;21(1):141-149. doi:10.1016/j.spinee.2020.08.002
- 52 Ilharborde B, Ferrero E, Angelliaume A, Lefèvre Y, Accadbled F, Simon AL, et al. Selective versus hyperselective posterior fusions in Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J.* 2017;26(6):1739-1747. doi:10.1007/s00586-016-4813-9
- 53 Tauchi R, Kawakami N, Ohara T, Saito T, Tanabe H, Morishita K, et al. Sagittal alignment profile following selective thoracolumbar/lumbar fusion in patients with Lenke type 5C adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2019;44(17):1193-1200. doi:10.1097/BRS.0000000000003043
- 54 Okubo T, Konomi T, Yanai Y, Furukawa M, Fujiyoshi K, Yamane J, et al. Selective Anterior Fusion Surgery Does Not Influence Global Spinal Sagittal Alignment in Lenke Type 5 Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients. *Spine.* 2022;47(3):234-241. doi:10.1097/BRS.0000000000004254
- 55 Karademir G, Sarıyılmaz K, Özkunt O, Demirel M, Dikici F, Domaniç Ü. Does Thoracic Kyphosis Have Any Importance in Selective Versus Nonselective Fusion Preference in Patients With Lenke Type 5C Adolescent Idiopathic Scoliosis? *J Orthop Res Ther.* 2021;2021. doi:10.29011/2575-8241.000545
- 56 Wang F, Xu XM, Wei XZ, Zhu XD, Li M. Spontaneous thoracic curve correction after selective posterior fusion of thoracolumbar/lumbar curves in Lenke 5C adolescent idiopathic scoliosis. *Medicine.* 2015;94(29):e1156. doi:10.1097/MD.0000000000001156
- 57 Xu XM, Wang F, Zhou XY, Liu ZX, Wei XZ, Bai YS, et al. Sagittal balance in adolescent idiopathic scoliosis: a radiographic study of spinopelvic compensation after selective posterior fusion of thoracolumbar/lumbar (Lenke 5C) curves. *Medicine.* 2015;94(45):e1995. doi:10.1097/MD.0000000000001995