Navid No 29-97 (2026) 65-76
https://doi.org/10.22038/nnj.2025.92715.1523.

Navid No

Journal homepage: https://nnj.mums.ac.ir/

Review Article

Accuracy, safety, and ergonomic benefits of the power-assisted technique in spinal pedicle screw insertion: A systematic review

Yasaman Pourandish [1], Abdollah Abolfathi [2], Neda Pourandish[3], Fatemeh Mehrabi*[1]

1. Faculty Member of Nursing Department, Department of Nursing, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran.
2. Iranian Social Security Organization, Arak, Iran
3. MSc of Biomedical engineer, Arak, Iran

*Corresponding Author: Fmehrabi1392@gmail.com
Received: 12 November 2025; Revised: 18 December 2025; Accepted: 29 December 2025

Abstract

Background and Aims: Pedicle screws are considered the gold standard for treating spinal deformities and injuries; however, their placement is a complex and technically demanding procedure with significant risks. Incorrect screw placement can lead to neurological, vascular, pulmonary, and visceral complications. Consequently, surgeons have a persistent interest in refining screw placement techniques to enhance accuracy and achieve safer, more robust fixation. In recent years, there has been a growing interest among spine surgeons in utilizing Power-Assisted systems.

Materials and Methods: This systematic review was conducted by searching international databases (including Scopus, PubMed, Google Scholar, CINAHL, and Trip) and Iranian databases (including SID and Magiran) from 2012 to 2025. The search utilized keywords such as "Power-Assisted" and "Pedicle Screw" and their Persian equivalents. Out of 40 identified records, 11 studies meeting the inclusion criteria were selected and analyzed.

Results: Based on the available evidence, the use of Power-Assisted systems for pedicle screw placement is a safe and accurate method, with a reported accuracy ranging from 95.8% to 96.12%. This technique reduces the "wobble" phenomenon, decreases the screw strip-out rate to 0.3%, and lowers the rate of clinically significant perforations to 1.32%. It also reduces the screw insertion time by up to 62% (10.5 seconds per screw compared to 27.4 seconds). Fluoroscopy time and, consequently, radiation exposure risk for both the surgeon and patient are significantly shortened. From an ergonomic perspective, this technique reduces the surgeon's muscle exertion by up to 80% and maintains it within a safe threshold throughout 100% of the procedure duration.

Conclusion: The Power-Assisted technique is a safe and accurate method with high accuracy. It is associated with reduced complications such as "wobble," screw failure, and radiation exposure time, while also preventing surgeon musculoskeletal injuries.

Keywords: Pedicle screw insertion, Spinal surgery, Power-Assisted system

Cite this article as: Pourandish Y, Abolfathi A, Pourandish N, Mehrabi F. Accuracy, Safety, and Ergonomic Benefits of the power-assisted technique in spinal pedicle screw insertion: A systematic review. Navid No, 2026; 29(97): 65-76. https://doi.org/10.22038/nnj.2025.92715.1523.

E-ISSN: 2645-5927 / P-ISSN: 2645-5919

Copyright: © 2026 by the author.

Open Access: This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Punlisher's Note: Mashhad University of Medical Sciences remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

نوید نو، دوره ۲۹، شماره ۹۷، بهار ۱۴۰۵، صفحه ۶۵-۷۶
https://doi.org/10.22038/nnj.2025.92715.1523.

نوید

Navid No

Journal homepage: https://nnj.mums.ac.ir/

Mashhad University of Medical Sciences

کمیته تحقیقات دانشجویی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مشهد

مقاله مروری

بررسی دقت، ایمنی، و مزایای ارگونومیک روش Power-Assisted در پیچ‌گذاری ستون فقرات: یک مرور سیستمیک

یاسمن پوراندیش [۱]، عبداله ابوالفتحی [۲]، ندا پوراندیش [۳]، فاطمه مهرابی [۱*]

۱. عضو هیئت علمی دانشکده پرستاری، دانشکده پرستاری اراک، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران
۲. سازمان تامین اجتماعی، اراک، ایران.
۳. کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، اراک، ایران.

پست الکترونیک نویسنده مسئول:fmehrabi1392@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸

چکیده

مقدمه و هدف: پیچ‌های پدیکول به عنوان استاندارد طلایی در درمان ناهنجاری‌ها و آسیب‌های ستون فقرات شناخته می‌شوند، اما کارگذاری آن‌ها روشی پیچیده، فنی و همراه با خطر عوارض قابل توجه است. قرارگیری نادرست پیچ‌ها می‌تواند به عوارض عصبی، عروقی، ریوی و احشایی منجر شود. بنابراین، جراحان علاقه مستمری به اصلاح تکنیک کارگذاری برای افزایش دقت و تثبیت ایمن‌تر و قوی‌تر دارند. در سال‌های اخیر، گرایش به استفاده از سیستم‌های کمکی قدرت (Power-Assisted) در میان جراحان ستون فقرات دیده می‌شود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه مروری نظام‌مند با جستجو در پایگاه‌های داده معتبر بین‌المللی (شامل Scopus، PubMed، Google Scholar، CINAHL و Trip) و پایگاه‌های داخلی (شامل SID و Magiran) از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۵ انجام شد. جستجو بر اساس کلیدواژه‌های "Power-Assisted" و "Pedicle Screw" و معادل‌های فارسی آن‌ها صورت گرفت. از میان ۴۰ مقاله شناسایی شده، در نهایت ۱۱ مطالعه که معیارهای ورود به این مرور را دارا بودند، انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: بر اساس شواهد موجود، استفاده از سیستم‌های Power-Assisted در پیچ‌گذاری پدیکول، روشی ایمن و دقیق با دقت ۹۵/۹۶-۸/۱۲ ٪ است. این روش پدیده "wobble" را کاهش داده، نرخ نقص پیچ‌ها را تا ۳/۰ ٪ و پرفوراسیون‌های کلینیکی معنادار را تا ۳۲/۱ ٪ کاهش می‌دهد. همچنین مدت زمان فاز پیچ‌گذاری را تا ۶۲٪ کاهش می‌دهد (۵/۱۰ ثانیه در مقابل ۴/۲۷ ثانیه به ازای هر پیچ). زمان فلوروسکوپی و در نتیجه خطر پرتودهی به جراح و بیمار نیز به طور معناداری کوتاه‌تر می‌شود. از جنبه ارگونومیک، این تکنیک فشار عضلانی جراح را تا ۸۰٪ کاهش داده و در ۱۰۰٪ مدت زمان عمل، آن را در آستانه ایمن نگه می‌دارد.

نتیجه‌گیری: روش Power-Assisted technique روشی ایمن و دقیق با دقت بالا است که می‌تواند با کاهش عوارضی مانند "wobble"، نقص پیچ‌ها و زمان پرتودهی، همچنین جلوگیری از آسیب‌های اسکلتی-عضلانی جراح همراه باشد.

کلمات کلیدی

پیچ‌گذاری پدیکول، جراحی ستون فقرات، سیستم Power-Assisted

مقدمه

اختلالات و آسیب‌های ستون فقرات از جمله چالش‌های عمده در حوزه ارتوپدی و نوروسرجری به شمار می‌روند. در این میان، تثبیت ستون فقرات با استفاده از پیچ‌های پدیکول به عنوان یک روش مؤثر و قابل اعتماد شناخته می‌شود. تاریخچه استفاده از این پیچ‌ها به دهه ۱۹۵۰ بازمی‌گردد، زمانی که «بوشه » برای اولین بار از این تکنیک در فیوژن ستون فقرات استفاده کرد (۱). سپس در دهه ۱۹۶۰«روی-کامیله » و همکارانش این تکنیک را به صورت سیستماتیک‌تر توسعه داده و کاربردهای بالینی آن را گسترش دادند (۳,۲).

امروزه پیچ‌های پدیکول به عنوان استاندارد طلایی در تثبیت ستون فقرات شناخته می‌شوند. این برتری در مقایسه با سایر روش‌های تثبیت مانند استفاده از سیم و قلاب ، به دلیل امکان ایجاد اتصال سه‌ستونبه و دستیابی به پایداری بیومکانیکی برتر است (۷-۴).

با این وجود، کارگذاری پیچ پدیکول یک فرآیند جراحی پیچیده و پرچالش محسوب می‌شود. این تکنیک نیازمند دانش آناتومیک دقیق و مهارت عملی بالایی است. قرارگیری نادرست پیچ می‌تواند عواقب جدی در پی داشته باشد و به ساختارهای حیاتی مجاور از جمله ریشه‌های عصبی، عروق خونی بزرگ و احشاء آسیب برساند (۸,۷). به همین دلیل، نرخ عوارض مرتبط با کارگذاری نادرست پیچ‌های پدیکول، حتی در دستان جراحان با تجربه نیز قابل توجه گزارش شده است.

در پاسخ به این چالش‌ها، جامعه جراحی ستون فقرات به دنبال توسعه و بهبود تکنیک‌های کارگذاری پیچ بوده است. در سال‌های اخیر، تکنیک‌های کمکی مختلفی از جمله تکنیک‌های مبتنی بر فلوروسکوپی (۹)، ناوبری با راهنمای سی‌تی (۱۱,۱۰) و تکنیک‌های کمک‌رباتیک (۱۳,۱۲) معرفی شده‌اند. هر یک از این سیستم‌ها اگرچه مزایای خاص خود را دارند، اما با محدودیت های نیز همراه هستند. به عنوان مثال، تکنیک‌های مبتنی بر فلوروسکوپی و ناوبری سی‌تی، جراح و بیمار را در معرض سطوح بالایی از پرتوهای یونیزان قرار می‌دهند (۱۶-۱۴). از سوی دیگر، تکنیک‌های کمک‌رباتیک نه تنها هزینه بالایی دارند، بلکه ممکن است زمان جراحی را به طور قابل توجهی افزایش دهند (۱۷) و حتی در برخی موارد منجر به افزایش نرخ قرارگیری نادرست پیچ شوند (۱۸).

با وجود تمامی این پیشرفت‌ها، تکنیک freehand یا دستی همچنان به عنوان محبوب‌ترین و پرکاربردترین روش پیچ‌گذاری پدیکول در بین جراحان ستون فقرات شناخته می‌شود. این تکنیک اگرچه در دستان جراحان مجرب به نتایج قابل قبولی منجر می‌شود، اما نیازمند اعمال نیروی فیزیکی قابل توجهی از سوی جراح است. این فشار فیزیکی می‌تواند به ویژه در جراحی‌های طولانی و پیچیده، منجر به خستگی عضلانی جراح شده و دقت عمل را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات متعددی نشان می‌دهد که آسیب‌های اسکلتی-عضلانی ناشی از کار در میان جراحان ستون فقرات شیوع بالایی دارد (۲۳).

در این راستا، اخیراً تکنیک Power-Assisted به عنوان یک راهکار مکمل در کنار تکنیک freehand مورد توجه قرار گرفته است. این تکنیک از یک منبع قدرت خارجی برای کمک به فرآیند ایجاد مسیر پدیکول و کارگذاری پیچ استفاده می‌کند. این ویژگی به طور بالقوه می‌تواند فشار فیزیکی وارد بر جراح را کاهش داده و امکان کنترل دقیق‌تر را فراهم کند.

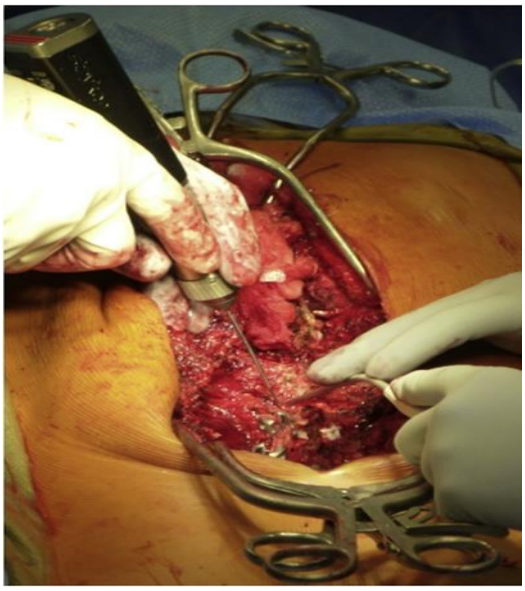
مطالعات اولیه نشان می‌دهند که تکنیک Power-Assisted می‌تواند دقت پیچ‌گذاری را به سطح قابل توجهی بهبود بخشد. به عنوان مثال، برخی گزارش‌ها حاکی از دستیابی به دقت بیش از ۹۵٪ با استفاده از این تکنیک هستند (۱۹,۲۴). این سطح از دقت، به ویژه در مواردی که آناتومی ستون فقرات به دلیل بدشکلی‌های مادرزادی یا اکتسابی پیچیده شده است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

با وجود گزاره‌های نظری و گزارش‌های پراکنده در مورد مزایای احتمالی تکنیک Power-Assisted، شواهد جامع، نظام‌مند و نقادانه‌ای که به مقایسه کمی و کیفی این تکنیک با روش متعارف freehand از نظر پیامدهای بالینی

مهم (مانند دقت، ایمنی، کارایی و پیامدهای ارگونومیک) بپردازد، هنوز در دسترس نیست. مطالعات موجود اغلب با حجم نمونه محدود، طراحی‌های متنوع (کارآزمایی، کوهورت، مقطعی) و معیارهای سنجش ناهمگون انجام شده‌اند و نتایج آنها نیازمند یکپارچه‌سازی و ارزیابی نقادانه است. بنابراین، این مرور سیستماتیک با هدف پر کردن این شکاف دانشی و پاسخ به این پرسش اصلی طراحی شده است: «تکنیک Power-Assisted در مقایسه با تکنیک دستی آزاد (freehand) از نظر دقت قرارگیری پیچ، ایمنی، کارایی عملیاتی و مزایای ارگونومیک برای جراح چه عملکردی دارد؟»

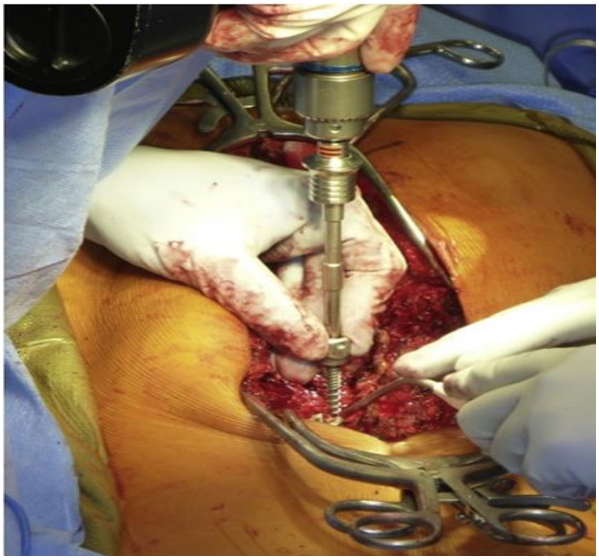
شکل ۱. دستگاه Power-Assisted طراحی شرکت Medtronic

شرح: دستگاه Power-Assisted مورد استفاده در جراحی‌های ستون فقرات. این دستگاه با ارائه کنترل دقیق و کاهش نیروی وارده به جراح، فرآیند ایجاد مسیر و قرار دادن پیچ پدیکول را تسهیل می‌کند. منبع: سایت Medtronic.



شکل ۲.ایجاد pedicle tract بااستفاده از Power-Assisted

شرح: مراحل اولیه ایجاد مسیر پدیکول با استفاده از دستگاه Power-Assisted. توجه به هدایت دقیق دستگاه و حفظ کنترل توسط جراح در حین کار با سرعت تنظیم‌شده دریل حائز اهمیت است. منبع: Seehausen et al., 2015



شکل۳. جای گذاری پیچ pedicleبا استفاده از Power-Assisted

شرح: مرحله نهایی قرار دادن پیچ پدیکول با استفاده از عملکرد درایو دستگاه Power-Assisted. این روش "wobble" را کاهش داده و درگیری استخوانی بهینه را ممکن می‌سازد. منبع: Skaggs et al., 2021.

روش کار

این پژوهش به صورت یک مرور سیستماتیک (Systematic Review) با سنتز توصیفی داده‌ها انجام شد. پروتکل مطالعه بر اساس دستورالعمل PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) تنظیم و گزارش‌دهی شده است.

استراتژی جستجو و منابع: یک جستجوی نظام‌مند و بدون محدودیت زبانی اولیه در پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی شامل PubMed/MEDLINE، Scopus، Web of Science، Google Scholar، CINAHL و Trip و همچنین پایگاه‌های داخلی SID و Magiran از ابتدای ژانویه ۲۰۱۲ تا پایان سپتامبر ۲۰۲۵ انجام شد. جستجوی دستی در منابع مطالعات واجد شرایط نیز صورت پذیرفت. استراتژی جستجو با استفاده از ترکیبی از اصطلاحات Mesh، کلیدواژه‌ها و عملگرهای بولی طراحی گردید. کلیدواژه‌های اصلی شامل ""Power-Assisted"، "powered surgical instruments"، "pedicle screw"، "spinal fusion"، "spine surgery"، "accuracy"، "safety"" و معادل‌های فارسی آنها بودند.

مطالعات بر اساس چارچوب PICO غربالگری شدند:

جمعیت (P): بیماران انسانی تحت جراحی ستون فقرات با استفاده از پیچ پدیکول.

مداخله (I): استفاده از تکنیک یا دستگاه‌های Power-Assisted برای ایجاد تراکت یا قرار دادن پیچ پدیکول.

مقایسه (C): تکنیک دستی آزاد (Freehand) یا سایر تکنیک‌های متعارف.

پیامد (O): پیامدهای اولیه شامل دقت قرارگیری پیچ (ارزیابی شده با تصویربرداری پس از عمل)، و پیامدهای ثانویه شامل زمان جراحی، زمان فلوروسکوپی، نرخ عوارض (مانند نقص پیچ یا پرفوراسیون) و معیارهای ارگونومیک.

انواع مطالعه (S): کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی شده (RCTs)، مطالعات کوهورت (آینده‌نگر یا گذشته‌نگر)، و مطالعات مقطعی.

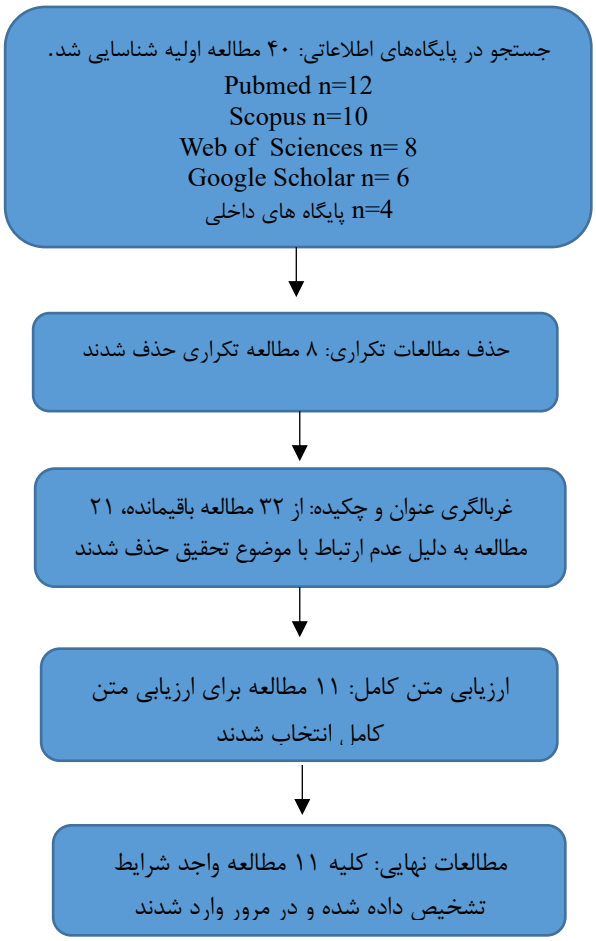
معیارهای خروج: مطالعات حیوانی، گزارش‌های موردی، مقالات مروری، مقالات کنفرانسی بدون داده کامل، مطالعات بدون گروه مقایسه و مطالعاتی که متن کامل آنها در دسترس نبود یا به زبانی غیر از فارسی و انگلیسی نوشته شده بودند، حذف شدند.

کلیه مراحل شناسایی، حذف موارد تکراری، غربالگری عناوین و چکیده‌ها، و ارزیابی متن کامل مطالعات به‌طور مستقل توسط دو نویسنده (نویسنده اول و مسئول) انجام شد. در صورت بروز اختلاف نظر، تصمیم‌گیری نهایی از طریق بحث یا مشورت با نویسنده دوم صورت گرفت. روند کامل انتخاب مطالعات مطابق با نمودار PRISMA (شکل ۱) ارائه شده است.

کیفیت مطالعات واجد شرایط با استفاده از ابزارهای استاندارد و متناسب با طراحی هر مطالعه، توسط دو ارزیاب مستقل بررسی شد:برای کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی شده: از ابزار Cochrane Risk of Bias 2 (RoB 2) استفاده شد. برای مطالعات کوهورت: از ابزار Newcastle-Ottawa Scale (NOS) استفاده گردید. مطالعات با کیفیت روش‌شناسی بسیار پایین از سنتز نهایی حذف نشدند، اما در تفسیر نتایج مورد ملاحظه قرار گرفتند.

داده‌ها با استفاده از یک فرم استخراج از پیش طراحی شده جمع‌آوری شدند. اطلاعات استخراج شده شامل: مشخصات عمومی مطالعه (نویسنده، سال، کشور)، ویژگی‌های روش‌شناسی (طرح مطالعه، حجم نمونه)، مشخصات جمعیت، جزئیات مداخله و مقایسه، و پیامدهای کمی و کیفی گزارش شده بود.

به دلیل ناهمگونی قابل توجه (Substantial Heterogeneity) بین مطالعات وارد شده در زمینه طرح مطالعه (RCT، کوهورت، مقطعی)، روش‌های اندازه‌گیری پیامدها (مانند مقیاس‌های مختلف ارزیابی دقت)، و ویژگی‌های جمعیت، انجام یک متاآنالیز کمی معتبر و معنادار امکان‌پذیر نبود. بنابراین، داده‌ها به صورت توصیفی (Descriptive) و کیفی (Qualitative) سنتز شدند. یافته‌ها بر اساس نوع پیامد دسته‌بندی و گزارش گردیدند.



نمودار ۱- PRISMA 2020

یافته ها

جراحی

هنگامی که در مورد قرار دادن پیچ های پدیکول صحبت می شود، ایمنی و قابلیت اطمینان با توجه به عواقب فاجعه بار احتمالی که ممکن است یک پیچ گذاری نابجا داشته باشد، یک نگرانی عمده است. مطالعات نشان می دهد استفاده از Power-Assisted از لحاظ ایمنی و دقت تفاوتی با روش دستی ندارد و حتی ایمنی بالاتری گزارش شده است، همچنین ایمنی و دقت استفاده از این روش ارتباط مستقیمی با مهارت جراح دارد، این روش باعث آسیب به بیمار نمی شود همچنین برای بهبود ایمنی و کیفیت کار توصیه می شود از دریل با سرعت آهسته جهت افزایش قابلیت حس کردن وارد شدن به فضای اسفنجی یا کورتیکال استخوان استفاده گردد (۳۱-۱۹،۲۴). یکی از مزایایی که این روش نسبت به روش دستی دارد این است که اگر مسیر ایجاد شده جهت جای گذاری پیچ ها مناسب نبود استفاده از دریل این امکان را می دهد که با آسیب کمتر به آناتومی مهره نسبت به روش دستی مجدد مسیر دیگری ایجاد کرد (۲۶). استفاده از Power-Assisted به دلیل کاهش احتمال لغزش دست حین کارگذاری پیچ ها می تواند پدیده wobble را کاهش دهد، همچنین می تواند باعث کاهش fail شدن پیچ ها گردد (۲۸،۲۵،۱۹). استفاده از Power-Assisted می تواند باعث کاهش زمان جراحی و کوتاه شدن فاز کارگذاری پیچ ها نسبت به روش دستی شود (۲۶-۱۹،۲۴).

فلوروسکوپی

یکی از مسائل مورد توجه درحفظ سلامتی تیم درمان موضوع مواجهه آن ها با تعشعات است. جراحان ستون فقرات به دلیل استفاده مکرر از فلوروسکوپی به جهت افزایش اطمینان در قرار دادن صحیح پیچ‌ها در معرض خطرات مرتبط با تشعشع قرار می گیرند این خطر فقط متوجه جراحان نیست بلکه بیماران را هم تهدید می کند (۳۵-۳۲). مطالعات نشان می دهد استفاده از Power-Assisted با زمان فلوروسکوپی کوتاه‌تر نسبت به روش دستی همراه است که این امر منجر به کاهش خطر تشعشع هم برای جراح و هم برای بیماران می‌شود (۲۵،۱۹).

آسیب های اسکلتی-عضلانی جراحان

بررسی انجمن تحقیقات اسکولیوز گزارش کرده است در جراحان ستون فقرات مشکلات درد گردن ۳برابر، روتاتور کاف ۵ برابر، اپی‌کندیلیت آرنج ۱۰برابر و رادیکولوپاتی گردن ۱۰۰ برابر جمعیت عمومی است (۲۳). آماده سازی مسیر پیچ گذاری در پدیکل و پیچ گذاری به صورت دستی منجر به افزایش قابل توجهی فعالیت عضلانی –اسکلتی می شود، اما با استفاده از Power-Assisted تنها کاری که جراح باید انجام دهد این است که بازوی خود را به خوبی آرام نگه دارد و به جای اینکه مراقب اعمال نیروی کافی برای ایجاد مسیر و کارگذاری پدیکل باشد، فقط روی جهت دستگاه و بازخورد لمسی مته تمرکز کند. در استفاده از Power-Assisted محافظت از جراح در برابر آسیب‌های اسکلتی-عضلانی است و به جراح امکان را می دهد که در حین انجام جراحی تا ۱۰۰ درصد میانگین فشار عضلانی جراح در آستانه ایمن نگه داشته شود و این امر برای به حداکثر رساندن بهره‌وری و طول عمر حرفه ای جراحان بسیار مهم است (۲۸-۲۴،۲۲).

جدول ۱- خلاصه مهمتیرین مطالعات وارد شده در مرور

یافته کلیدی دیگر	ریسک آسیب/عوارض(%)	زمان/کارایی	دقت قرارگیری پیچ(%)	نمونه مورد مطالعه	طراحی مطالعه	نویسنده و سال
کاهش ٪۷۶ در گشتاور دست جراح	۳٪/۰ نقص پیچ	گزارش نشده	% ۸/۹۵	۸۴ بیمار / ۶۱۵ پیچ	مقطعی	سیهاوزن و همکاران (۱۹)، ۲۰۱۵
کاهش زمان فاز پیچ‌گذاری	گزارش نشده	کاهش معنادار زمان	قابل مقایسه با روش دستی	۱۰۵ بیمار / ۱۳۲۳ پیچ	کارآزمایی تصادفی‌سازی شده	یان و همکاران (۲۱)، ۲۰۱۸
کاهش ٪۳۷ در زمان	۴٪/۲ (P)در مقابل ۳٪/۳ (M)	۴/۳ دقیقه (P)در مقابل ۴/۵ دقیقه (M)	٪۸۴	۶۰ بیمار / ۹۴۰ پیچ	مطالعه کوهورت گذشته‌نگر	کوتانی و همکاران (۲۴)، ۲۰۱۸
بدون عوارض عصبی-عروقی	۳۲٪/۱ پرفوراسیون، ۰۷۲٪/۰ بازنگری	گزارش نشده	٪ ۱۲/۹۶	۲۰۵ بیمار / ۵۵۲۲ پیچ	مطالعه کوهورت گذشته‌نگر	فالدینی و همکاران (۲۲)، ۲۰۲۲
پیشگیری از آسیب فرسایشی جراح	٪۰ زمان در ریسک بالا (P) در مقابل ٪۵۰-۹۲ (M)	کاهش ٪۸۰ فشار عضلانی	اطلاعاتی موجود نبود	۲ جراح / ۴ جسد	مطالعه روی جسد	کلاسون و همکاران (۲۵)، ۲۰۲۲
کاهش ٪۶۲ در زمان، ثبات عملکردی	۴٪/۱ پرفوراسیون در هر دو گروه	۵/۱۰ ثانیه (P)در مقابل ۴/۲۷ ثانیه (M)	٪۶/۹۸ در هر دو گروه	۳۵ بیمار / ۲۹۴ پیچ	مطالعه مقایسه‌ای درون‌بیماری	کوجیما و همکاران (۲۹)، ۲۰۱۸

شواهد حاکی از آن است که دقت پیچ‌گذاری با تکنیک Power-Assisted قابل مقایسه یا بهتر از روش دستی است. مطالعه فالدینی و همکاران (۲۰۲۲) بر روی ۵۵۲۲ پیچ، دقت مطلق (Grade A بر اساس مقیاس Gertzbein-Robbins) را ۹۶/۱۲ ٪ گزارش کردند (۲۵). به طور مشابه، سیهاوزن و همکاران (۲۰۱۵) دقت ۹۵/۸ ٪ را بر اساس ارزیابی سی‌تی اسکن نشان دادند (۱۹). در مقابل، کوتانی و همکاران (۲۰۱۸) دقت یکسان ٪۸۴ را برای هر دو روش گزارش کردند (۲۴). مطالعه کوجیما و همکاران (۲۰۱۸) نیز نرخ پرفوراسیون یکسان (۱/۴ ٪) را در هر دو گروه Power-Assisted و دستی ثبت نمود (۲۹).

نرخ عوارض مرتبط با تکنیک Power-Assisted پایین گزارش شده است. سیهاوزن و همکاران (۲۰۱۵) نرخ نقص پیچ (strip-out) را ٪۰،۳ اعلام کردند (۱۹). فالدینی و همکاران (۲۰۲۲) پرفوراسیون‌های درجه C (خارج از محدوده ایمن) را ۱/۳۲ ٪ و نیاز به بازنگری پیچ را تنها ۰/۰۷۲ ٪ گزارش نمودند و هیچ عارضه عصبی-عروقی ثبت نکردند (۲۵).

به دلیل ناهمگونی قابل توجه در طراحی مطالعات، معیارهای اندازه‌گیری و جمعیت‌های مورد بررسی، انجام متاآنالیز کمی امکان‌پذیر نبود و داده‌ها به صورت توصیفی سنتز شدند.

بحث

یافته‌های این مطالعه مروری که بر اساس تحلیل مطالعات منتخب انجام شد، به وضوح بر کارآمدی تکنیک Power-Assisted در پیچ‌گذاری پدیکول تأکید دارد. این تکنیک نه تنها استانداردهای ایمنی و دقت را حفظ می‌کند، بلکه مزایای عملیاتی و ارگونومیک قابل توجهی را ارائه می‌نماید. از منظر دقت و ایمنی، اگرچه تکنیک freehand سنتی توسط جراحان باتجربه با دقت قابل قبولی اجرا می‌شود، اما یافته‌ها نشان می‌دهد که استفاده از سیستم Power-Assisted امکان دستیابی به دقتی فراتر از ۹۵٪ را فراهم می‌سازد. مطالعه فالدینی و همکاران (۲۰۲۲) با نمونه‌ای متشکل از ۵۵۲۲ پیچ، دقت مطلق ۱۲/۹۶٪ را گزارش کرده‌اند (۲۵). این افزایش دقت را می‌توان عمدتاً به کاهش پدیده "wobble" در حین کارگذاری نسبت داد. کاهش لرزش دست جراح به واسطه استفاده از یک منبع قدرت خارجی، کنترل دقیق‌تری در حین ایجاد مسیر پدیکول و جایگذاری نهایی پیچ فراهم می‌کند (۲۸، ۱۹). علاوه بر این، کاهش قابل توجه نرخ "strip-out" یا شکست پیچ در مطالعات (۲۵، ۱۹، ۲۸)، گویای بهبود درگیری استخوانی و اتصال محکم‌تر پیچ است که در نهایت به تثبیت بیومکانیکی برتر و کاهش عوارض مرتبط با شل شدن پیچ منجر می‌شود. از جنبه کارایی عملیاتی، نتایج مطالعات کاهش معنادار زمان پیچ‌گذاری را نشان می‌دهند. مطالعه کوجیما و همکاران (۲۰۱۸) کاهش ۶۲٪ در زمان قرارگیری هر پیچ را گزارش کرده‌اند (۵/۱۰ ثانیه در مقابل ۴/۲۷ ثانیه) (۲۹). این کاهش زمان در روش‌های کم‌تهاجمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین یکی از برجسته‌ترین مزایای عملیاتی این سیستم، کاهش زمان فلوروسکوپی گزارش شده است (۱۹، ۲۵). کوتاه‌تر شدن زمان استفاده از پرتو، به طور مستقیم میزان مواجهه بیمار و تیم جراحی با پرتوهای یونیزان را کاهش می‌دهد که امری حیاتی در حفظ سلامت بلندمدت تمامی ذی‌نفعان محسوب می‌شود (۳۲، ۳۵).

از بعد ارگونومی، نتایج این مرور از برتری غیرقابل انکار تکنیک Power-Assisted حکایت دارد. همان‌طور که اشاره شد، تکنیک دستی آزاد فشار فیزیکی قابل توجهی بر جراح وارد می‌کند که با شیوع بالای اختلالات اسکلتی-عضلانی در این گروه حرفه‌ای همراه است (۲۳). در مقابل، سیستم Power-Assisted با در اختیار گرفتن بخش اعظمی از نیروی مورد نیاز برای سوراخ کردن و کارگذاری، به جراح اجازه می‌دهد تا تمرکز خود را بر روی هدایت دقیق ابزار و تفسیر بازخورد لمسی حساس از بافت استخوانی معطوف نماید. مطالعه کلاسون و همکاران (۲۰۲۲) به وضوح نشان داد که این تکنیک می‌تواند فشار عضلانی جراح را تا ۸۰٪ کاهش دهد و در ۱۰۰٪ زمان عمل، فشار عضلانی را در آستانه ایمن نگه دارد (۲۲). این مزیت نه تنها ریسک آسیب‌های شغلی را کاهش می‌دهد، بلکه با کاهش خستگی، امکان تمرکز و عملکرد بهتر جراح را در موارد پیچیده فراهم کرده و به افزایش بهره‌وری و طول عمر حرفه‌ای وی کمک شایانی می‌کند.

در نهایت، اگرچه این تکنیک نیازمند یک دوره یادگیری کوتاه و عادت کردن جراح به احساس بازخورد جدید است، اما با در نظر گرفتن مجموعه مزایای اثبات‌شده آن از جمله افزایش دقت، کاهش پرتودهی، بهبود کارایی عملیاتی و محافظت از سلامت فیزیکی جراح، ادغام آن در پروتکل‌های روتین جراحی به ویژه در مراکز با حجم بالای عمل‌های ستون فقرات، کاملاً منطقی و توجیه‌پذیر به نظر می‌رسد. با این حال، برای تعیین دقیق‌تر میزان تأثیر مستقل این تکنیک جدا از مهارت جراح، انجام مطالعات آینده‌نگر با طراحی یکسان و معیارهای استاندارد شده ضروری است.

این مطالعه مروری با وجود تلاش برای جامع‌بودن، با چندین محدودیت روبرو بود:

احتمال تعصب انتخاب (Selection Bias): با وجود جستجوی سیستماتیک، ممکن است مقالات مرتبطی به دلیل تفاوت در کلیدواژه‌ها یا در دسترس نبودن متن کامل از قلم افتاده باشند.

ناهمگونی مطالعات (Heterogeneity): مطالعات واردشده از نظر طراحی (بالینی، بیومکانیک)، جمعیت بیماران، نوع دستگاه‌های Power-Assisted مورد استفاده و معیارهای سنجش دقت (مانند CT پس از عمل یا ارزیابی حین عمل) با یکدیگر ناهمگون بودند. این ناهمگونی، انجام یک متا-آنالیز کمی را غیرممکن یا غیرقابل اتکا می‌ساخت.

کمّی‌نبودن داده‌ها: بخشی از یافته‌ها کیفی و توصیفی بودند و همه مطالعات داده‌های کمی کامل (مانند میانگین و انحراف معیار زمان فلوروسکوپی) را گزارش نکرده بودند.

تأثیر مهارت جراح: ارزیابی دقیق تأثیر مستقل تکنیک Power-Assisted از مهارت ذاتی جراح در اکثر مطالعات دشوار بود، چرا که تجربه و تبحر جراح می‌تواند یک عامل confounding قوی باشد

نتیجه گیری

بر اساس مطالعات واردشده در این مرور نظام‌مند، شواهد اولیه نشان می‌دهد که تکنیک Power-Assisted می‌تواند پروفایلی قابل مقایسه با تکنیک متعارف freehand از نظر دقت و ایمنی ارائه دهد. برخی مطالعات اشاره کرده‌اند که این روش ممکن است با کاهش نسبی در پدیده wobble، نرخ نقص پیچ و مدت زمان فاز پیچ‌گذاری همراه باشد. همچنین گزارش‌هایی از کاهش زمان فلوروسکوپی و فشار عضلانی جراح با استفاده از این تکنیک وجود دارد.

با این حال، باید تأکید نمود که این یافته‌ها عمدتاً از مطالعاتی با حجم نمونه‌های متنوع و در برخی موارد محدود نشأت می‌گیرند. ناهمگونی قابل توجه در طراحی مطالعات، معیارهای اندازه‌گیری و جمعیت‌های مورد بررسی، امکان انجام متاآنالیز کمی و نتیجه‌گیری قطعی را فراهم نکرده است. همچنین، کیفیت روش‌شناسی برخی از مطالعات واردشده در سطوح متوسط قرار دارد.

بنابراین، با وجود نشانه‌های مثبت اولیه، شواهد موجود در حال حاضر برای قضاوت نهایی در مورد برتری بالینی تکنیک Power-Assisted کافی نیست. به نظر می‌رسد این تکنیک در مرحله تکامل و ارزیابی بیشتر قرار دارد. انجام کارآزمایی‌های تصادفی‌سازی شده آینده‌نگر با قدرت آماری کافی و مطالعات مقایسه‌ای با پیگیری بلندمدت ضروری است تا اثربخشی، ایمنی و مزایای ارگونومیک این روش به طور قطعی تعیین گردد. تا آن زمان، تصمیم‌گیری برای ادغام این تکنیک در پروتکل‌های روتین جراحی نیازمند احتیاط و توجه به زمینه بالینی خاص است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از تمامی نویسندگان مقالات استفاده شده در این مرور سیستمیک تشکر و قدردانی می گردد.

حمایت مالی

حمایت مالی ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش به صورت یک مطالعه مرور نظام‌مند انجام شده و هیچگونه مداخله‌ای بر روی بیماران یا نمونه‌های انسانی توسط نویسندگان صورت نگرفته است. کلیه داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده از مقالات منتشرشده در مجلات معتبر علمی استخراج شده‌اند. در فرآیند انجام این مرور، اصول اخلاق پژوهشی شامل صداقت علمی، ارجاع‌دهی مناسب، شفافیت رعایت شده است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچگونه تعارض منافعی وجود ندارد.

مراجع

[1] Boucher HH. A method of spinal fusion. The Journal of bone and joint surgery British volume. 1959 May;41(2):248-59.

[2] Roy-Camille R, Saillant G, Mazel CH. Plating of thoracic, thoracolumbar, and lumbar injuries with pedicle screw plates. The Orthopedic Clinics of North America. 1986 Jan 1;17(1):147-59.

[3] RAYMoND RC, Saillant G. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. Clin Orthop. 1986;203:7.

[4] Halm H, Niemeyer TH, Link TH, Liljenqvist U. Segmental pedicle screw instrumentation in idiopathic thoracolumbar and lumbar scoliosis. European Spine Journal. 2000 Jun;9(3):191-7.

[5] Hamill CL, Lenke LG, Bridwell KH, Chapman MP, Blanke K, Baldus C. The use of pedicle screw fixation to improve correction in the lumbar spine of patients with idiopathic scoliosis: is it warranted? Spine. 1996 May 15;21(10):1241-9.

[6] Suk SI, Lee CK, Kim WJ, Park YB, Chung YJ, Song KY. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. Journal of the Korean Orthopaedic Association. 1995 Feb 1;30(1):49-58.

[7] Hariharan AR, Shah SA, Petfield J, Baldwin M, Yaszay B, Newton PO, et al. Complications following surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis: a 10-year prospective follow-up study. Spine Deformity. 2022 Apr 30:1-9.

[8] Kwan MK, Chiu CK, Abd Gani SM, Wei CC. Accuracy and safety of pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis patients: a review of 2020 screws using computed tomography assessment. Spine. 2017 Mar 1;42(5):326-35.

[9] Koktekir E, Ceylan D, Tatarli N, Karabagli H, Recber F, Akdemir G. Accuracy of fluoroscopically-assisted pedicle screw placement: analysis of 1,218 screws in 198 patients. The Spine Journal. 2014 Aug 1;14(8):1702-8.

[10] Sun J, Wu D, Wang Q, Wei Y, Yuan F. Pedicle Screw Insertion: Is O-Arm–Based Navigation Superior to the Conventional Freehand Technique? A Systematic Review and Meta-Analysis. World neurosurgery. 2020 Dec 1;144:e87-99.

[11] Crawford BD, Nchako CM, Rebehn KA, Israel H, Place HM. Transpedicular screw placement accuracy using the O-arm versus freehand technique at a single institution. Global Spine Journal. 2022 Apr;12(3):447-51.

[12] Lieberman IH, Kisinde S, Hesselbacher S. Robotic-assisted pedicle screw placement during spine surgery. JBJS essential surgical techniques. 2020 Apr;10(2).

[13] Li HM, Zhang RJ, Shen CL. Accuracy of pedicle screw placement and clinical outcomes of robot-assisted technique versus conventional freehand technique in spine surgery from nine randomized controlled trials: a meta-analysis. Spine. 2020 Jan 15;45(2):E111-9.

[14] Naik A, Smith AD, Shaffer A, Krist DT, Moawad CM, MacInnis BR, et al. Evaluating robotic pedicle screw placement against conventional modalities: a systematic review and network meta-analysis. Neurosurgical focus. 2022 Jan 1;52(1):E10.

[15] Dabaghi Richerand A, Christodoulou E, Li Y, Caird MS, Jong N, Farley FA. Comparison of effective dose of radiation during pedicle screw placement using intraoperative computed tomography navigation versus fluoroscopy in children with spinal deformities. Journal of Pediatric Orthopaedics. 2016 Jul 1;36(5):530-3.

[16] Malham GM, Wells-Quinn T. What should my hospital buy next?—guidelines for the acquisition and application of imaging, navigation, and robotics for spine surgery. Journal of Spine Surgery. 2019 Mar;5(1):155.

[17] Tarawneh AM, Salem KM. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials comparing the accuracy and clinical outcome of pedicle screw placement using robot-assisted technology and conventional freehand technique. Global Spine Journal. 2021 May;11(4):575-86.

[18] Hu X, Ohnmeiss DD, Lieberman IH. Robotic-assisted pedicle screw placement: lessons learned from the first 102 patients. European Spine Journal. 2013 Mar;22(3):661-6.

[19] Seehausen DA, Skaggs DL, Andras LM, Javidan Y. Safety and efficacy of power-assisted pedicle tract preparation and screw placement. Spine Deformity. 2015 Mar;3(2):159-65.

[20] Skaggs DL, Compton E, Vitale MG, Garg S, Stone J, Fletcher ND, et al. Power versus manual pedicle tract preparation: a multi-center study of early adopters. Spine Deformity. 2021 Sep;9(5):1395-402.

[21] Yan H, Jiang D, Xu L, Liu Z, Sun X, Sha S, et al. Does the full power-assisted technique used in pedical screw placement affect the safety and efficacy of adolescent idiopathic scoliosis surgery? World Neurosurgery. 2018 Aug 1;116:e79-85.

[22] Claeson AA, Schwab FJ, Gandhi AA, Skaggs DL. Power-assisted Pedicle Screw Technique Protects Against Risk of Surgeon Overuse Injury: A Comparative Electromyography Study of the Neck and Upper Extremity Muscle Groups in a Simulated Surgical Environment. Spine. 2022 Jan 15;47(2):E86-93.

[23] Auerbach JD, Weidner ZD, Milby AH, Diab M, Lonner BS. Musculoskeletal disorders among spine surgeons: results of a survey of the Scoliosis Research Society membership. Spine. 2011 Dec 15;36(26):E1715-21.

[24] Kotani T, Akazawa T, Sakuma T, Nakayama K, Kishida S, Muramatsu Y, et al. Accuracy of powered surgical instruments compared with manual instruments for pedicle screw insertion: evaluation using o-arm-based navigation in scoliosis surgery. Journal of Orthopaedic Science. 2018 Sep 1;23(5):765-9.

[25] Faldini C, Barile F, Viroli G, Manzetti M, Ialuna M, Traversari M, et al. Freehand power-assisted pedicle screw placement in scoliotic patients: results on 5522 consecutive pedicle screws. Musculoskeletal surgery. 2022 Aug 9:1-6.

[26] Allen J, Akpolat YT, Kishan S, Peppers T, Asgarzadie F, Cheng WK. Comparison between gearshift and drill techniques for pedicle screw placement by resident surgeons. International Journal of Spine Surgery. 2015 Jan 1;9.

[27] Skaggs DL, Claeson A, Schwab FJ, Gandhi A. P15. Power-assisted pedicle screw placement decreases screw wobble. The Spine Journal. 2020 Sep 1;20(9):S154-5.

[28] Mahajan A, Vadapalli S, Steele B. Biomechanical evaluation of the POWEREASE tapper/driver system. Medtronic Intern White Pap. 2012:1-4.

[29] Kojima A, Fujii A, Morioka S, Torii Y, Arai K, Sasao Y. Safety and efficacy of percutaneous pedicle screw placement using a power tool. Spine Surgery and Related Research. 2018 Jan 20;2(1):60-4.

[30] Srinivasan D, Than KD, Wang AC, La Marca F, Wang PI, Schermerhorn TC, et al. Radiation safety and spine surgery: systematic review of exposure limits and methods to minimize radiation exposure. World neurosurgery. 2014 Dec 1;82(6):1337-43.

[31] Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC, Williams S, Solomito M. Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. Spine. 2000 Oct 15;25(20):2637-45.

[32] Ranade AS, Oka GA, Daxini A, Ardawatia G, Majumder D, Bhaskaran S. Radiation safety knowledge and practices: is the Indian orthopaedic community well-informed? Indian journal of orthopaedics. 2020 Sep;54(1):158-64.

[33] Bratschitsch G, Leitner L, Stücklschweiger G, Guss H, Sadoghi P, Puchwein P, et al. Radiation exposure of patient and operating room personnel by fluoroscopy and navigation during spinal surgery. Scientific Reports. 2019 Nov 27;9(1):1-5.