

بررسی مزایا و معایب استفاده از پیچ پدیکولر جهت فیوژن ستون فقرات

دکتر ایرج لطفی نیا: استادیار گروه جراحی اعصاب دانشگاه علوم پزشکی تبریز: نویسنده رابط lotfiniai@yahoo.com

دکتر حجت حسین پور فیضی: استادیار گروه ارتوپدی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

دریافت: ۸۱/۱۰/۲۶، بازنگری: ۸۲/۳/۱۷، پذیرش: ۸۲/۶/۲۶

چکیده

زمینه و اهداف: بسیاری از ضایعات ستون فقرات نظیر تروما، بیماریهای استحاله ای، عفونت ها و تومورها ممکن است نیاز به فیوژن پیدا کنند. برای فیوژن می توان از وسایل مختلفی نظیر پیچ پدیکولر استفاده کرد. این ابزار علاوه بر مزایا، معایب و عوارضی نیز دارد. هدف از این بررسی تعیین عوارض و نتایج در بیمارانی است که با استفاده از پیچ پدیکولر فیوژن فقرات در آنان صورت گرفته است.

روش بررسی: در مدت حدود ۲/۵ سال تعداد ۳۵ بیمار با استفاده از این ابزار تحت درمان قرار گرفتند. سن، جنس، علت عمل و عوارض زودرس و دیررس مشاهده شده بعد از عمل و همچنین نتیجه فیوژن مشخص شد.

یافته ها: شانزده نفر از بیماران مرد و ۱۹ نفر زن بودند و سن متوسط آنان ۳۸/۲ سال بود. بیشترین مورد استفاده از پیچ پدیکولر در درمان اسپوندیلولیزستی و ضایعات تروماتیک ستون فقرات بود (۸۰٪) و معمولاً از این ابزار در ناحیه کمری استفاده شد (۵۱٪). در ۹۴/۲٪ از بیماران فیوژن مناسب مشاهده گردید. در این بیماران عوارض زودرس و دیررس نظیر آسیب عصب، عفونت های سطحی و عمقی زخم و عدم موفقیت ابزار مورد بررسی قرار گرفته است.

نتیجه گیری: استفاده از پیچ پدیکولر روش بسیار خوبی جهت فیوژن، اصلاح محور و ناهنجاری در ستون فقرات است، به طوری که امکان فیوژن در سگمان های کوتاه را فراهم می کند. در مقایسه با سایر روشها نتایج بهتری دارد. استفاده از روش مناسب و افزایش تجربه جراح می تواند به کاهش عوارض کمک کند.

کلید واژه ها: فیوژن ستون فقرات، ابزارگذاری، پیچ پدیکولر، بی ثباتی ستون فقرات

مقدمه

گاهی فیوژن ستون فقرات در درمان بیماریهای استحاله ای، ضایعات تروماتیک، ضایعات پزشکی به دنبال اعمال جراحی بر روی ستون فقرات و همچنین عفونتها و تومورهای ستون فقرات که موجب بی ثباتی مهره ها می شوند، به کار می رود. جهت فیوژن می توان از فیوژن استخوانی به تنهایی یا فیوژن استخوانی همراه با فیکساسیون داخلی توسط ابزاری نظیر پیچ پدیکولر استفاده کرد (به تصاویر مراجعه شود). استفاده از فیوژن همراه با ابزار موجب افزایش میزان فیوژن می شود (۱). این روش فرایند تثبیت مهره ها را تسریع می کند و امکان به حرکت درآوردن سریع بیمار، و در نتیجه، کاهش عوارض ناشی از بی حرکت طولانی مدت را فراهم می سازد. همچنین با استفاده از ابزار می توان ناهنجاری موجود در سطوح مختلف را تا حدود زیادی اصلاح و انحنای طبیعی ستون فقرات را حفظ کرد. ابزارها در مواردی که در وضعیت دیسترتشن استفاده شوند از تنگی سوراخ عصبی جلوگیری می کنند و با کاهش میزان حرکت موجب کاهش دردهای بعد از عمل می شوند. از طرف دیگر، به علت بی حرکتی ایجاد شده احتمال فیوژن استخوانی بیشتر می شود، و در نتیجه، احتمال وقوع عارضه مفصل کاذب کاهش می یابد.

ابزارهای مختلفی جهت فیوژن ستون فقرات به کار می روند. تعدادی از این ابزارها نظیر سیستم هارینگتون و انواع قلابها بر روی

عناصر خلفی کار گذاشته می شوند. تعدادی از این ابزارها نیز بر روی عناصر قدامی کار گذاشته می شوند، نظیر پلایت های قدامی و کیج هایی که جایگزین جسم مهره می شوند. پیچ پدیکولر تنها ابزاری است که هم بر روی عناصر قدامی و هم بر روی عناصر خلفی کار گذاشته می شود. به همین جهت، در مقایسه با سایر روشهای فیکساسیون داخلی، با استفاده از پیچ ترانس پدیکولر بی حرکتی مناسب تری در وضعیت های مختلف فلکسیون، اکستنسیون و چرخش در ستون فقرات ایجاد می شود (۲). بنابراین در فیکساسیون ستون فقرات با پیچ پدیکولر نیاز به فیوژن سگمان های کمتری خواهد بود (۳). در نتیجه، سگمان های حرکتی بیشتری حفظ می شود و این امر در حفظ قابلیت حرکت ستون فقرات کمری بسیار حایز اهمیت است. به همین جهت، فیکساسیون ترانس پدیکولر روش ارجح در فیوژن فقرات کمری به شمار می رود (۴).

فیکساسیون ترانس پدیکولر، علی رغم این مزایا، روش جراحی مشکلی است و نیاز به تجربه و آشنایی بیشتر جراح با این روش دارد. چون محل پدیکولر ها به طور مستقیم قابل مشاهده نیست و محل تلاقی دو خط (خط عمودی که از کنار خارجی رویه ها و خط افقی که از قسمت میانی زواید عرضی عبور می کند) محل پدیکولر را تعیین می کند، تعبیه پیچها بدون دید انجام می شود (۵) که ممکن است خطرات و عوارضی داشته باشد. در حین تعبیه پیچ پدیکولر ممکن

ارجحیت استفاده از این ماده تأیید نشده (۹) در اغلب بررسیها استفاده از این ماده موجب بهبود کیفیت پیوند و فیوژن شده است (۱۱، ۱۰، ۱۲).

یافته ها

از ۳۵ بیمار عمل شده ۱۶ مرد و ۱۹ زن بودند. سن بیماران بین ۱۴ تا ۷۲ سال و به طور متوسط ۳۸/۲ سال بود. عمل جراحی در ۱۴ مورد به علت اسپوندیلولیزتری در ۱۴ مورد به دلیل بی ثباتی ناشی از تروما و شکستگی مهره، پنج مورد اسکولیوز، یک مورد به علت تومور مهره و یک مورد بی ثباتی ناشی از عمل جراحی قبلی صورت گرفته بود. فیوژن در نواحی مختلفی از ستون فقرات انجام شده بود. در یک بیمار فیوژن در ناحیه توراسیک در ۹ نفر ناحیه توراکولومبر، در ۱۸ نفر ناحیه لومبر و در ۷ نفر ناحیه لومبرساکرال صورت گرفته بود. در ۱۸ بیمار علاوه بر فیوژن توسط پیچ ترانس پدیکولر و پیوند، اقدام به لامینکتومی و رفع فشار از نخاع نیز شده بود که از این تعداد ۱۳ نفر دچار فشردگی نخاع ناشی از لیستری مهره و وجود بافت دانه دار ترمیمی در ناحیه لیستری بودند. در هیچ یک از بیماران جاناندازی صورت نگرفت و در ۵ بیمار شکستگی و جا به جایی قطعات شکسته موجب فشردگی نخاع شده بود.

بیماران بعد از ۵ تا ۳۵ روز و به طور متوسط ۱۲/۵ روز از بیمارستان مرخص شدند. در ۷ بیمار که شکستگی های بسیار شدید ناشی از تروما بدون همکاری مناسب داشتند در حین ترخیص اقدام به گچ گیری شد. تمامی این موارد در شش ماه اول شروع استفاده از این روش بود. بیست و هشت بیمار با اورتوز توراکولومبر یا لومبوساکرال و توصیه های لازم جهت خودداری از فلکسیون ستون فقرات از بیمارستان مرخص شدند. تمامی بیماران در چند روز اول بعد از عمل با وجود تجویز روزانه حداقل ۲۰ mg مرفین یا ۵۰ میلی گرم پتیدین عضلانی از درد شدید ناحیه عمل شکایت داشتند. یکی از بیماران از وجود بی حسی در پا شاکلی بود که بعد از سه ماه بهبود قابل ملاحظه یافت. یکی دیگر از بیماران بعد از عمل دچار ضعف شدید دورسی فلکسیون در پای چپ شد که در بررسیها وجود شکستگی چند تکه ای پدیکولر توسط پیچ مشخص شد که موجب آسیب ریشه شده بود. با وجود تغییر محل پیچ در پیگیری یک ساله ضایعه همچنان وجود داشت.

عفونت سطحی بعد از عمل در دو بیمار مشاهده شد که با تجویز آنتی بیوتیک وریدی از بین رفت. عفونت عمقی که نیاز به خارج کردن ابزار داشته باشد مشاهده نشد. در یکی از بیماران که به علت اسپوندیلولیزتری درجه ۲ ناحیه L-S و درد رادیکولر ناشی از فشردگی شدن ریشه تحت عمل جراحی لامینکتومی و فورامینوتومی و فیکساسیون با پیچ پدیکولر بدون تخلیه دیسک قرار گرفته بود، مدت زمان عمل جراحی به دلیل پیدا نشدن پیچ با طول مناسب در حین عمل طولانی تر شد و در رادیوگرافی های کنترل پیچ S در قسمت انتهایی خود بدون نفوذ بداخل فضای دیسک کاملاً مماس بر صفحه انتها بی مهره بود. یک هفته بعد از ترخیص و دو هفته بعد از عمل بیمار با درد شدید ناحیه کمر و درد رادیکولر مجدداً مراجعه کرد که در بررسیهای انجام شده ESR بالا (ساعت اول ۸۷) و CRP مثبت مشاهده شد. بیمار با تشخیص التهاب دیسک (عفونت فضای دیسک) مجدداً بستری و تحت درمان آنتی بیوتیک به مدت شش هفته (چهار هفته وریدی و دو هفته خوراکی) قرار گرفت که بعد از چهار هفته کاملاً بهبود یافت.

است آسیب ریشه عصبی، دورمر یا نخاع به دلیل مسیر یا محل نامناسب قرار گرفتن پیچ رخ دهد. عدم انتخاب پیچ با قطر مناسب ممکن است باعث شکستن پدیکولر و آسیب ریشه شود. طول یا مسیر نامناسب پیچ نیز ممکن است موجب نفوذ آن به ارگان های مجاور شود. گاهی پیچ می شکند یا ارتباط بین پیچ و راد قطع می شود. در این صورت، فیوژن مناسبی رخ نمی دهد و موجب پیدایش مفصل کاذب می شود. شیوع عوارض عصبی در ۳/۳٪ و شکستن یا در رفتن پیچها در ۲/۳٪ از تمامی موارد پیچهای به کار رفته گزارش شده و فیوژن مناسب در ۹۳/۵٪ اتفاق افتاده است (۶). نظیر سایر اعمال جراحی این عمل نیز ممکن است عفونی شود. به دلیل زمان نسبتاً طولانی تر عمل جراحی و وجود جسم خارجی میزان عفونت بالاتر خواهد بود. بررسیهای انجام شده نشان داده است که استفاده از پیچ پدیکولر روش نسبتاً بی خطری است و در مقایسه با فیوژن فقرات با سایر ابزارها خطر چندانی ندارد (۳). گزارش های اندکی در خصوص پاسخ بیولوژیک ستون فقرات در حال رشد (قبل از بلوغ) نسبت به فیوژن سفت با استفاده از پیچ پدیکولر وجود دارد. در این گروه سنی به دنبال فیوژن با پیچ پدیکولر رشد مهره ها با از بین رفتن فضای دیسک ادامه می یابد، و در نهایت، دو مهره به هم جوش می خورند (۷). اخیراً در کودکان نیز به نحو مطلوبی این روش به کار رفته است (۸). هدف از این مطالعه بررسی موارد استفاده از پیچ پدیکولر در ضایعات ستون فقرات، نوع ضایعات، عوارض و نتایج حاصل از آنها بود.

مواد و روش ها

تعداد ۳۵ بیمار از اردیبهشت ماه ۱۳۷۹ لغایت مهرماه ۱۳۸۱ در بیمارستان شهدا تبریز تحت عمل جراحی فیوژن ستون فقرات با استفاده از پیچ ترانس پدیکولر قرار گرفتند. تمامی بیماران قبل از عمل با رادیوگرافی ساده بررسی شدند. بررسی وضعیت نخاع و مجرای نخاعی توسط MRI یا میلوگرافی و در چهار بیمار با هر دو روش صورت گرفت. در ۳۰ بیمار وضعیت استخوانی و مجرای نخاعی با CT اسکن نیز بررسی شد. برای تمامی بیماران قبل از شروع عمل یا در حین عمل جراحی آنتی بیوتیک پیشگیرانه شروع شد.

در کل ۱۵۲ عدد پیچ پدیکولر به کار برده شد و فیوژن در ۵۷ سطح صورت گرفت (به طور متوسط در هر بیمار ۴/۳۴ پیچ به کار رفت و ۱/۶ سطح فیوژن شد). برای فیوژن در ۲۷ بیمار از سیستم 'CD و در ۸ بیمار از سیستم 'U.S.S استفاده شد. قبل از تعبیه پیچ های پدیکولر در ۱۸ نفر از بیمارانی که دچار فشردگی نخاع و یا علائم عصبی بودند لامینکتومی و رفع فشار از نخاع صورت گرفت. پیچها با کنترل رادیوگرافیک تعبیه شد. در تمامی بیماران قبل از گذاشتن پیچهای پدیکولر آماده سازی جهت فیوژن و پیوند شامل دکورتیکاسیون نواحی خلفی و طرفی جسم مهره و زاوید عرضی صورت گرفت و بعد از گذاشتن پیچها و وصل کردن راد مربوطه با استفاده از پیوند استخوانی اقدام به فیوژن شد. برای پیوند زدن در ۱۶ بیمار از استخوان ناحیه ایلیاک و در ۱۹ نفر از استخوانهای به دست آمده از لامینکتومی جهت رفع فشار استفاده شد. در شش بیمار علاوه بر پیوند استخوانی مواد تحریک کننده رشد استخوانی «نوا بون»^۳ نیز بکار رفت. این ماده نام تجارتي بتا تری کلسیم فسفات است. اگر چه در هیچ مطالعه ایی

در دو بیمار شکستگی در قاعده پیچها مشاهده شد. در یک بیمار فقط یکی از پیچهای S از ناحیه قاعده شکسته و در بیمار دوم علاوه بر شکسته شدن یکی از پیچها راد پیچ بالایی نیز در رفته بود در هر دو بیمار از پیچهای با قطر ۵ میلیمتر استفاده شده بود. و در پیچهای ۶ و ۷ میلیمتری شکستگی مشاهده نشد. بیمار اول فقط با احساس صدا در ناحیه کمر در حین فلکسیون و اکستنسیون آن مراجعه کرد که با توجه به فقدان درد و علائم خفیف (هفته ماه بعد از عمل) اقدام دیگری انجام نشد. مورد دوم نیز چنین شکایتی را داشت ولی به دنبال سقوط از پله ها درد ناحیه کمر تشدید یافت. این بیمار به دلیل لیستری درجه ۲ فیوژن شده بود و با توجه به عدم جواب به درمان طبی مجدداً بستری و پیچ شکسته خارج و سیستم CD جایگزین شد. در عمل دوم به جای سیستم CD از سیستم U.S.S استفاده شد. در این دو بیمار از مواد تحریک کننده رشد استخوان استفاده نشده بود. پیچهای شکسته در هر دو بیمار از نوع ایرانی بودند. در مورد پیچهای خارجی نیز شکستگی گزارش شده است (۶، ۱۳ و ۱۴). به نظر ما عامل اصلی شکستگی پیچ در این بیماران مربوط به عدم انتخاب پیچ با قطر مناسب و در مرحله بعد رخ ندادن فیوژن استخوانی مناسب است.

بغیر از دو مورد فوق که شکستگی پیچ و شکستگی پیچ همراه با دررفتگی راد داشتند در بقیه بیماران فیوژن مناسب مشاهده شد. در هیچ بیماری پیشرفت ضایعه یا علامتی از ناپایداری مشاهده نشد. به این ترتیب میزان فیوژن ۹۴/۲٪ بود (تصاویر ۴-۱).

تصویر ۲: فشردگی نخاع در بیمار مبتلا به اسپوندیلولیزتیز

تصویر ۱: بیمار مبتلا به اسپوندیلولیزتیز درجه ۲

تصویر ۳: فیوژن ستون فقرات کمری با سیستم USS بعد از لامینکتومی جهت رفع فشار

دیستراکسیون و یا چرخش) را جهت اصلاح محور^۱ ستون فقرات وارد و ناهنجاری موجود را تا حد ممکن اصلاح کرد. به دلیل ثبات بیشتر، فیوژن فقط در چند سگمان محدود لازم خواهد بود.

در مواردی که از سیستم هوک راد (هارینگتون) استفاده می شود باید فیوژن حداقل در پنج تا هفت سگمان صورت گیرد. این امر موجب پیدایش محدودیت بیشتر در حرکات می شود. از طرف دیگر، فیوژن های طولی نیز منجر به ادامه درد ستون فقرات می شوند (۱۵) ولی در استفاده از پیچ پدیکولر در مواردی نظیر اسپوندیلولیزتری می توان اقدام به فیوژن یک سگمان نیز کرد. این وضعیت علاوه بر تحرک بیشتر ستون فقرات با بی حرکتی بیشتر سگمان مربوطه احتمال فیوژن را نیز افزایش خواهد داد. این عوامل، در مجموع، به حفظ و ایجاد انحنای طبیعی ستون فقرات کمک می کنند و از ایجاد عوارضی نظیر سندرم پشت صاف در ستون فقرات ناحیه لومبرساکرال جلوگیری می کنند. حسن دیگر استفاده از پیچ پدیکولر امکان استفاده آن در ضایعاتی نظیر تروما یا تومورها و عفونت های ستون فقرات است که موجب تخریب تشکیلات خلفی مهره شده اند، و در نتیجه، نمی توان از ابزارهای خلفی نظیر هوک استفاده کرد (۳).

از طرف دیگر، انجام این روش جراحی مشکل (۱۶) و همراه با عوارض نسبتاً زیادی است. طولانی بودن مدت عمل جراحی و زمان بیهوشی و عوارض مربوط به آنها، شکست ابزار، عفونت زخم، افزایش میزان خونریزی، احتمال آسیب ریشه های عصبی و نخاع، پارگی دورمر و تراوش مایع مغزی نخاعی (CSF) از محل عمل، آسیب اندام های داخلی و هزینه نسبتاً بالای عمل از مشکلات این روش به شمار می رود.

پایین بودن عوارض بستگی به روش مورد استفاده دارد (۱۷). برای قرار دادن مناسب پیچها باید ابعاد و جهات پدیکول ها مشخص باشد. باید توجه داشت که اندازه و شکل پدیکول در نژادهای مختلف متفاوت است (۱۸) و به همین جهت لازم است که در هر بیمار بررسی های کامل و دقیق قبل از عمل صورت گیرد. جهت فیوژن فقرات توراسیک بین T – T به ندرت از این روش استفاده می شود (به دلیل اندازه کوچک پدیکولها و احتمال شکستن آنها و آسیب عصبی) ولی با استفاده از روشهای جدید استرئوتاکتیک می توان در تمام نواحی ستون مهره توراسیک از این روش استفاده کرد (۱۹). در سایر نواحی ستون فقرات نیز استفاده از چنین روشهایی مناسب تر بوده (۲۰) موجب کاهش عوارض خواهد شد.

نتیجه گیری

استفاده از پیچ پدیکولر جهت فیوژن ستون فقرات روش بسیار مفیدی است ولی انتخاب بیماران باید به دقت صورت گیرد. از این ابزار باید جهت درمان ناهنجاری های عمده ستون فقرات، بی ثباتی همراه با نقایص عصبی و مواردی که احتمال پیشرفت ناهنجاری زیاد است استفاده شود. در مواردی که حرکات غیر طبیعی ستون فقرات موجب فشرده شدن نخاع می شود یا به دنبال رفع فشار از ستون فقرات بی ثباتی ایجاد می شود، استفاده از این ابزار و انجام فیوژن اندیکاسیون خواهد داشت. به دلیل بروز عوارض نسبتاً بالا از این روش نباید در درمان کمر دردهای مزمن بدون یافته دیگر استفاده شود.

افزایش تجربه جراح و توجه و بررسی دقیق آناتومی پدیکول قبل از عمل جراحی با استفاده از رادیوگرافی و CT اسکن می تواند موجب کاهش عوارض استفاده از پیچ پدیکولر شود. باید از پیچ های دارای اندازه مناسب استفاده کرد. استفاده از پیچ با قطر بالا احتمال شکستگی

تصویر ۴: استفاده از پیچ پدیکولر جهت فیوژن ستون فقرات در بیمار ترومایی

بحث

استفاده از پیچ پدیکولر جهت فیوژن ستون فقرات دارای چندین مزیت است. از آنجا که پیچ پدیکولر هر سه بخش ستون فقرات یعنی خلفی، میانی و قدامی را در بر می گیرد، از یک طرف موجب ثبات بهتری می شود و از طرف دیگر می توان هر نوع نیرو (فشار،

زاویه پدیکول در نژادهای مختلف متفاوت است (۱۸) بررسی وضعیت پدیکول در نژاد ایرانی نیز توصیه می شود.

بدون انجام فیوژن استخوانی به دلیل فشارهای مکرر وارد بر ستون فقرات، در نهایت، شکست عمل جراحی و ابزار رخ خواهد داد. باید در مراحل فیوژن استخوانی شامل برداشتن بافتهای فیروز و عضلانی و دکورتیکاسیون استخوانی و استفاده از پیوند مناسب، و در صورت لزوم، مواد تحریک کننده رشد استخوان بسیار دقت کرد.

چند تکه ای پدیکول و آسیب عصب را به همراه خواهد داشت. استفاده از پیچهای نازک نیز با احتمال شکستن خود پیچ و شکست ابزار همراه است. با وجود همه این تلاشها احتمال این که پیچ در محل نامناسبی قرار گیرد زیاد است (۲۱). استفاده از روشهایی نظیر تحریک الکتریکی پیچ در حین تعبیه آن و ثبت وضعیت الکتریکی عصب در اندام تحتانی (NCV) (۲۲و۲۳) همچنین مشاهده قطرات چربی که از استخوان جسم مهره وارد پدیکول می شوند (۲۱) می تواند به تعیین محل مناسب پیچ پدیکولر و کاهش احتمال آسیب عصب کمک کند. از آنجا که اندازه و

References

- Vijay K, Regina J, Chang N, Nicole M, Leon J, Chesmel K: Hinged-dynamic posterior device permits greater loads of the graft and similar stability as compared with its equivalent rigid device: A three-dimensional finite element assessment. *Journal of prosthetics and orthotics* 2001 Vol 13, Numb 1 pp 17-20
- Van den B, Mehdiian H, Lee A, Weatherley C: Stability of the lumbar spine and method of instrumentation: *Acta orthop belg* 1993; 59(2): 175-80
- Boos N, Webb J: Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view. *Eur spine j* 1997; 6(1): 2-18
- Ebraheim N, Savolaine E, Stitgen S, Jackson W: Magnetic resonance imaging after pedicular screw fixation of the spine: *Clin orthop* 1992 Jun;(279): 133-7
- Bastian L, Knop C, Lang U, Blauth M: Transpedicular implantation of screw in thoracolumbar spine. Results of a survey of method, frequency and complications. *Orthopade* 1999; 28(8): 693-702
- Beguiristain J, Vilas C, Preite R, Martinez R, Barrios R: Lumbosacral arthrodesis using pedicular screw and ringed rods. *Eur spine j* 1997;6(4):233-8
- Won Joong Kim, Charles H.Rivard, Christine Coillard, Souad Rhalmi: Effect of segmental pedicle screw instrumentation on actively growing spine: A long-term experimental study, abstract from the SRS (scoliosis research society) 2001 annual meeting, <http://www.spineuniverse.com/displayarticle.php/article1537.htm>
- Ann Golden, Daniel J.Sucato: Safety of pedicle screw placement for spinal deformity at a pediatric orthopedic center, <http://www.spineuniverse.com/displayarticle.php/article973.htm>
- Blatter TR, Delling G, Weckbach A. Evaluation of an injectable calcium phosphate cement as an autograft substitute for transpedicular lumbar interbody fusion: a controlled, prospective study in the sheep model. *Euro Spine J* .2003; 12(2): 216-23
- M.Bohner.Physical and chemical aspects of calcium phosphates used in spinal surgery. In: R.Gunzburg, M.Szpalski.N.Passuti, M.Aebi (eds): *The use of bone substitutes in spine surgery*.1ed.Germany: Springer, 2002; P: 30-37
- Fujibayashi S, Shikata J, Tanaka C, Matsushita M, Nakamura T.Lumbar posterolateral fusion with biphasic calcium phosphate ceramic. *J Spinal disord*. 2001; 14(3): 214-21
- SandenB, Olerud C, LarssonS.Hydroxyapatite coating enhances fixation of loaded pedicle screw: a mechanical in vivo study in sheep. *Eur Spine J*. 2001;10(4):334-9.
- Robert F.Maclain, J Kenneth Burkus, Danial R.Benson: Segmental instrumentation for thoracic and thoracolumbar fractures: prospective analysis of construct survival and five-year follow-up. *The spine journal* 2001; 310-323.
- Scott A.Shapiro, William Snyder: Spinal instrumentation with a low complication rate. *Surg Neurol* 1997; 48:566-74
- Yaser M: unconventional fixation of thoracolumbar fractures using round hole bone plates and transpedicular screws. *Ann Saudi Med* 2001; 21(1-2): 30-34
- Weinstein J, Rydevik B, Rauschnig W: Anatomic and technical consideration of pedicle screw fixation. *Clin-Orthop*. 1992 Nov (284). P34-46
- Gven O, Esemeli J, Valcin S, Karahan M: Transpedicular fixation in the treatment of various spinal disorders. *Acta chir belg* 1993; 93(4): 188-92
- Mitra S, Datir S, Jadhav S: Morph metric study of the lumbar pedicle in the Indian population as related to pedicular screw fixation. *Spine* 2002; 27(5): 453-9
- Youkilis A, Ouint D, McGillicuddy T, Papadopoulos S: Stereo tactic navigation for placement of pedicle screw in the thoracic spine. *Neurosurgery* 2001; 48(4): 771-8
- Schwarzenbach O, Berlemann U, Jost B, Visarius N, Arm E, Langlotz F, et al: Accuracy of computer-assisted pedicle screw placement. An in vivo computed tomography analysis. *Spine* 1997 15; 22(4): 452-8
- Kosay C, Akcali O, Berk R, Erbil G, Alici E: A new method for detecting pedicular wall perforation during pedicle screw insertion. *Spine* 2001; 26(13): 1477-81

22. Young W, Morledge D, Martin W, Park K: Intra operative stimulation of pedicle screw: a new method for verification of screw placement. Surg Neurol 1995; 44(6): 544-7
23. Maguire J, Wallace S, Madiga R, Leppanen R, Daper V: Evaluation of intrapedicular screw position using intra operative evoked electromyography. Spine 1995; 20(9): 1068-74