

## ارائه‌ی یک روش اتوماتیک در اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای کمر و زوایای بین مهره‌های و مقایسه‌ی آن با روش دستی مبتنی بر پرتونگاری

امین فرح‌آبادی<sup>۱</sup>، ایمان فرح‌آبادی<sup>۱</sup>، دکتر حسین ربانی<sup>۲</sup>، دکتر مجید رضوانی<sup>۳</sup>

### چکیده

**مقدمه:** ستون مهره‌ها محور اصلی بدن است که نقش مهمی در حفظ و نگهداری بدن بر عهده دارد. مطالعه‌ی زوایای بین مهره‌ها و انحنای ستون فقرات در بررسی‌های آسیب‌شناختی ناحیه‌ی لومبوساکرال مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه از روش‌های پردازش تصویر عکس‌های رادیولوژی دیجیتال به منظور دستیابی به زوایای بین مهره‌های و انحنای ستون فقرات با دقت بیشتر و سریع‌تر استفاده شد.

**روش‌ها:** این مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. ۱۰۰ بیمار با تظاهرات بالینی کمردرد، که دارای کلیشه‌ی پرتونگاری و فایل الکترونیکی نیم‌رخ کمر بودند، جهت مطالعه انتخاب شدند. درجه‌ی زاویه انحنای کمر آن‌ها هم بر روی کلیشه‌ی نیم‌رخ پرتونگاری کمر با استفاده از روش دستی رایج و هم به روش پیشنهادی پردازش تصویر دیجیتالی اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی و آزمون همبستگی تجزیه و تحلیل شد.

**یافته‌ها:** در این مطالعه تعداد ۱۰۰ بیمار (۵۰ زن و ۵۰ مرد) با میانگین سنی  $44 \pm 8$  سال بررسی شدند. میانگین کلی زاویه‌ی انحنای کمر در روش دستی  $35 \pm 8/1$  درجه و در روش پیشنهادی در این مطالعه  $37 \pm 7/6$  درجه بود. بدین صورت میانگین زاویه‌ی انحنای کمر در دو روش مورد استفاده در این مطالعه دارای همبستگی معنی‌داری بود ( $P < 0/05$ ,  $r = 0/89$ ).

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که هر چند روش‌های مرسوم شامل بررسی دستی تصاویر و همچنین استفاده از خط‌کش منعطف از ابزارهای بسیار دقیق و معتبر به خصوص برای اندازه‌گیری انحنای ستون فقرات در برنامه‌های آزمون غربالگری و جمعیت‌های بسیار بزرگ محسوب می‌شوند، ولی با توجه به زمان صرف شده در خصوص استفاده از این روش و میزان همبستگی نتایج به دست آمده در این مطالعه، استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر پردازش تصویر می‌تواند در حداقل زمان ممکن نتایج مشابهی به دست دهد.

**واژگان کلیدی:** زوایای بین مهره‌های، رادیوگرافی، پردازش تصویر

### مقدمه

دیسک و وزن و قد افراد در سنین مختلف ارتباط دارد (۱-۳). انحنای طبیعی ستون فقرات سبب می‌شوند که سر در راستای لگن قرار گیرد، ضربات ناگهانی جذب شوند و نیروهای مکانیکی کنترل شوند. لوردوز، افزایش زاویه‌ی انحنای ستون فقرات در ناحیه‌ی کمر است (۴). انحنای کمر در طی روند رشد و با تغییر وضعیت تکیه‌گاه فرد از چهار نقطه به دو نقطه تغییر

مطالعه‌ی زوایای بین مهره‌ها و انحنای ستون فقرات، در بررسی‌های آسیب‌شناختی ناحیه‌ی لومبوساکرال می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این پارامترها در سنین مختلف و حتی در افراد هم‌سن در هر دو جنس متفاوت است و با ارتفاع قدامی-خلفی تنه‌ی مهره‌ها و دیسک بین آن‌ها و همچنین قطر قدامی-خلفی پهنای

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، مرکز تحقیقات پردازش تصویر و سیگنال پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه جراحی مغز و اعصاب و ستون فقرات، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

می‌یابد (۵). تحذب قدامی کمر تحت تأثیر عوامل داخلی نظیر تغییر شکل مهره‌ها، دیسک بین مهره‌ای و ساکروم و عوامل خارجی نظیر موقعیت مرکز ثقل، وزن بدن و قدرت عضلات ایجاد و حفظ می‌شود (۶). میزان طبیعی انحنای کمر ۳۱ تا ۵۰ درجه است (۷). اختلالات عصبی-عضلانی، اختلالات مادرزادی و وضعی (۸-۹)، آکندروپلازی، چاقی، التهاب دیسک، اسپوندیلولیتیزیس، استئوپروز و عوامل ژنتیکی و ارثی نیز سبب تغییر زاویه‌ی انحنای کمر می‌شوند (۱۰). ارتباط مستقیمی بین لوردوز با ضعف عضلات شکمی و کوتاهی عضلات خم کننده‌ی ران وجود دارد (۱۱). زاویه‌ی انحنای ناحیه‌ی سینه هم به دنبال افزایش زاویه‌ی انحنای کمر افزایش می‌یابد (۱۱). افزایش زاویه‌ی انحنای کمری احتمال اختلالات مهره‌ای نظیر لیز خوردن تمام یا قسمتی از مهره روی مهره‌ی دیگر را افزایش می‌دهد (۱۲). حاملگی و شکم بزرگ نیز سبب افزایش زاویه‌ی انحنای کمر می‌شوند. کمردرد نیز از نشانه‌های تغییر در زاویه‌ی انحنای کمر است (۱۳). یکی از روش‌های رایج اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای ستون فقرات در راستای ساجیتال، بررسی کلیشه‌های پرتونگاری است (۱۴). با توجه به تعداد عوامل تأثیرگذار بر میزان زاویه‌ی انحنای کمر، اهمیت ارزیابی و اندازه‌گیری صحیح آن احساس می‌شود. حرکات ستون فقرات کمری بیشتر از یک صد سال است که از طریق مطالعات مختلف ارزیابی می‌شوند. فیزیوتراپیست‌ها و پزشکان از روش‌های متعددی برای بررسی زاویه‌ی انحنای کمر در کلینیک استفاده می‌کنند. در دهه‌های اخیر دقت روش‌های اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای کمر افزایش یافته است. تکنیک‌های بسیاری را که پیش از این برای اندازه‌گیری استفاده

شده‌اند، می‌توان تحت عنوان تکنیک‌های کلینیکی و تکنیک‌های آزمایشگاهی دسته‌بندی کرد. در مجموع تکنیک‌های کلینیکی جهت اجرا ساده‌تر هستند و دقت به نسبت خوبی نیز دارند. تکنیک‌های آزمایشگاهی به نیروی انسانی و تجهیزات متکی هستند و هزینه‌ی زیادی را لازم دارند (۱۵). یکی از روش‌های متداول بالینی برای اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای کمر استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر است. اعتبار این روش برای اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای کمر تأیید شده است (۱۶). در این روش علاوه بر بررسی زاویه‌ی انحنای کمر، می‌توان ارتباط بین ستون فقرات کمری، ساکروم و لگن را نیز مشخص کرد. یکی از تکنیک‌های بررسی ساختار سطح ساجیتال از طریق کلیشه‌های رادیوگرافی، روش Cobb است (۱۷). با این روش زاویه‌ی انحنای کمری و تعداد مهره‌های موجود در انحنای قابل شناسایی هستند. اکثر متخصصین زاویه‌ی انحنای کمر را بر روی کلیشه‌های رادیوگرافی و با استفاده از روش Cobb اندازه‌گیری می‌کنند، ولی در این روش علاوه بر صرف زمان، هزینه و خطرات ناشی از قرارگیری در معرض اشعه‌ی ایکس، احتمال خطا نیز بر اثر تکنیک‌ها و وضعیت‌های مورد استفاده جهت عکس‌برداری و حرکات بیمار در طی عکس‌برداری وجود دارد. با توجه به اهمیت زاویه‌ی انحنای کمر و کاربرد آن در تشخیص و درمان بهتر بیماری‌های ستون فقرات، ارائه‌ی روشی که مشکلات قبل را مرتفع کند و قابل اعتماد باشد، بسیار مفید است. به همین منظور در این مقاله روش پردازش تصویر عکس‌های رادیولوژی دیجیتال و اعمال تکنیک‌های مبتنی بر پردازش تصویر برای به دست آوردن زوایای بین مهره‌ای و انحنای ستون فقرات استفاده شد.

## روش‌ها

این مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی مقطعی در سال ۱۳۸۹ در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان انجام شد. تعداد ۱۰۰ فرد مبتلا به کمردرد شامل ۵۰ زن و ۵۰ مرد از جامعه‌ی در دسترس انتخاب شدند. تنها ویژگی ورود به مطالعه داشتن کلیشه‌ی رادیوگرافی و نمونه‌ی دیجیتالی تصویر از نمای نیم رخ بود. افراد مورد مطالعه به جز کمردرد سابقه‌ی ضربه، جراحی، اختلال ساختاری و بیماری‌های سیستمیک نداشتند.

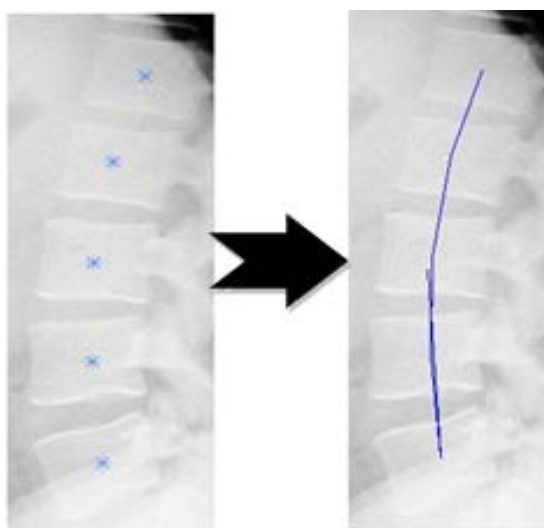
زاویه‌ی انحناي کمر برای تمام موارد با دو روش اندازه‌گیری گردید. در هر دو مرحله‌ی مطالعه، مقدماتی و اصلی، آزمونگر اول زاویه را با استفاده از تکنیک متداول دستی و آزمونگر دوم، بدون اطلاع از نتیجه‌ی آزمونگر اول، زاویه را با استفاده از تکنیک پردازش تصویر اندازه‌گیری نمود.

برای اندازه‌گیری زاویه‌ی انحناي کمر با استفاده از روش دستی، پس از تهیه‌ی تصاویر آنالوگ مربوط به هر یک از بیماران، با استفاده از وسایل اندازه‌گیری زاویه، زوایای مربوط به هر یک از مهره‌های  $L_1$  تا  $L_5$  و  $S_1$  اندازه‌گیری شد.

پس روش پیشنهادی در این مقاله که با استفاده از تصاویر دیجیتال و تکنیک‌های پردازش تصویر با استفاده از نرم‌افزار MATLAB بود، بر روی تصاویر اعمال شد. در این روش ابتدا تصاویر به محیط نرم‌افزار MATLAB وارد شد و یکسان‌سازی اندازه‌ی هر یک از تصاویر انجام شد و در ادامه مراحل مختلف اندازه‌گیری اتوماتیک زوایا انجام گرفت.

پس از ورود تصاویر به محیط نرم‌افزار MATLAB از اپراتور خواسته شد تا تعداد مهره‌های مورد نظر را با لمس هر یک از مهره‌ها مشخص نماید.

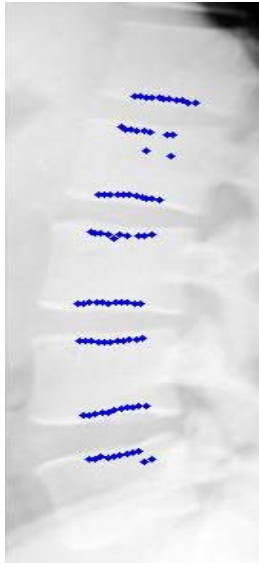
در این مطالعه ۵ مهره نشانه‌گذاری شد. نرم‌افزار طراحی شده از میان ۵ نقطه‌ی تعیین شده یک خط رسم نمود که این خط هادی تمامی نقاط تعیین شده بود. البته لازم به ذکر است علاوه بر این خط تعداد زیادی خط به موازات همین خط از میان مهره‌ها رسم شد. در شکل ۱ نمایی از رسم این خطوط نشان داده شده است.



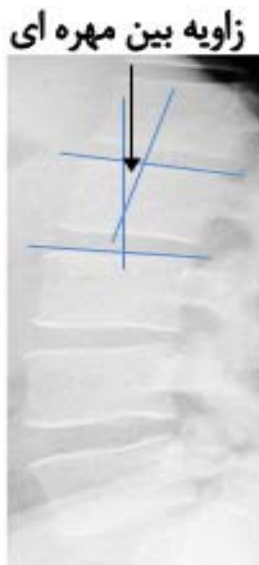
شکل ۱. نمایی از خط رسم شده از ۵ نقطه‌ی علامت‌گذاری شده

لازم به ذکر است دلیل استفاده از این کار تشخیص دقیق لبه بر اساس میزان تاریکی و روشنایی تصاویر بود که این کار با ترسیم سیگنال حاصل از خطوط رسم شده در شکل ۲ نشان داده شده است. همان طوری که در این تصویر مشخص است نقاط با حداقل مقدار دامنه نشان دهنده‌ی فضای بین‌ی و نقاط به نسبت هموار سیگنال فضای داخل مهره‌ای را نمایش می‌دهند. بر این اساس با تشخیص نقاط ماکزیمم در سیگنال، می‌توان لبه‌ی هر یک از مهره‌ها را تشخیص داد.

به منظور تشخیص پیک‌های سیگنال نشان داده



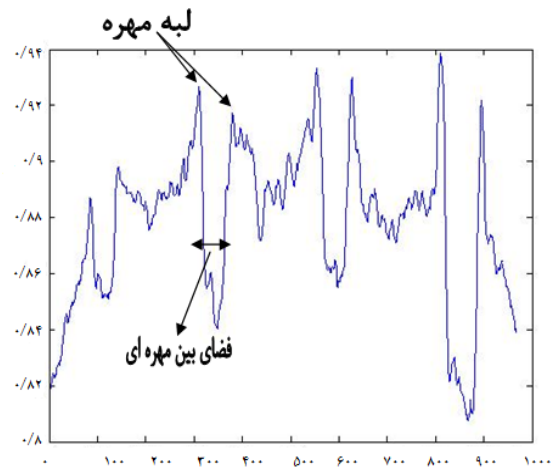
شکل ۳. نمایی از اعمال تکنیک دسته‌بندی



شکل ۴. نمایی از اندازه‌گیری زاویه‌ی بین مهره‌ای برای دو مهره‌ی مجاور. برای به دست آوردن زاویه‌ی انحناي کمر به جای استفاده از سطح فوقانی دو مهره‌ی مجاور از سطح فوقانی مهره‌ی L1 و سطح فوقانی مهره‌ی اول خاجی استفاده شد.

خطی مماس با سطح فوقانی مهره‌ی  $L_1$  و خط دیگری مماس بر سطح فوقانی مهره‌ی اول خاجی ( $S_1$ ) روی تصویر رسم شد و سپس دو خط بر این خطوط مماس، عمود گردید. زاویه‌ی تلاقی این دو

شده در شکل ۲ از الگوریتم‌های رایج تشخیص ماکزیمم و مینیمم معرفی شده در فضای نرم‌افزار MATLAB استفاده شد که به دلیل فراوانی استفاده از این تکنیک‌ها از پرداختن به آن‌ها در این قسمت اجتناب شده است (۱۸).



شکل ۲. سیگنال خط عبوری از ۵ نقطه‌ی علامت‌گذاری شده در شکل قبل. محور افقی شماره‌ی نمونه و محور عمودی سطح روشنایی مربوط به نمونه را نشان می‌دهد.

پس از تشخیص حدود لبه‌های بالا و پایین برای هر یک از خطوط، نقاط مربوط به لبه‌های هر مهره به یکدیگر متصل شدند تا محل دقیق مهره به دست آید. بدین منظور و جهت منظم نمودن و افزایش دقت تشخیص لبه‌ها از الگوریتم FCM (Fuzzy c-means) (۱۹) و به منظور دسته‌بندی نقاط حاصل از سیگنال استفاده شد. شکل ۳ نمایی از اعمال تکنیک دسته‌بندی در تصویر مربوط را نشان داده است.

پس از تشخیص دقیق لبه‌های هر یک از مهره‌ها عملیات اندازه‌گیری زوایای بین مهره‌ای و زاویه‌ی انحناي کمر انجام گرفت که به منظور بیان صحیح و دقیق این اندازه‌گیری از شکل ۴ استفاده شده است.

## بحث

نتایج به دست آمده در مطالعه بیانگر ارتباط بسیار قوی بین میانگین زاویه‌ی انحناي کمر اندازه‌گیری شده به روش دستی با میانگین این زاویه در اندازه‌گیری با تکنیک پیشنهادی بود. یافته‌ی اصلی این بود که هر کدام از این روش‌ها به تنهایی می‌توانند برای اندازه‌گیری زاویه‌ی انحناي کمر و در نتیجه اخذ تصمیم‌های کلینیکی مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به نتایج مطالعه، میانگین زاویه‌ی انحناي کمر که با استفاده از روش پیشنهادی مطالعه به دست آمد علاوه بر همبستگی قابل قبول با نتایج حاصل از آنالیز دستی تصاویر، دارای سرعت بالاتری نیز در تشخیص بود که این مسأله انتخاب روش پیشنهادی را معقول‌تر نشان می‌دهد.

علاوه بر روش دستی مبتنی بر رادیوگرافی برای اندازه‌گیری انحناهای ستون فقرات کمری در سطح ساجیتال استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر یکی از روش‌های معتبر و رایج کلینیکی برای اندازه‌گیری زاویه انحناي کمر است (۲۰-۲۲). در این روش با هزینه‌ی کمتر میزان زاویه‌ی انحناي ستون فقرات کمری اندازه‌گیری می‌شود. Hart و Rose نشان دادند که رابطه‌ی معنی‌داری ( $r = 0/92$ ) بین روش اندازه‌گیری با استفاده از خط‌کش انعطاف‌پذیر و روش دستی مبتنی بر کلیشه‌ی رادیوگرافی وجود دارد (۲۳). علاوه بر خط‌کش انعطاف‌پذیر Bridger و همکاران از شیب‌سنج در دو وضعیت نشسته و ایستاده برای اندازه‌گیری زاویه‌ی انحناهای ستون فقرات استفاده کردند و اعتبار این ابزار را با توجه به پیچیدگی اندازه‌گیری در وضعیت ایستاده و نشسته اثبات نمودند (۲۴). روش پانتوگرافی نیز روش دیگری است که در مطالعه‌ی انجام شده توسط Willner تفاوت معنی‌داری

خط همان زاویه‌ی انحناي کمر است (۱۷). این تکنیک در هر دو روش به منظور اندازه‌گیری زوایای بین مهره‌ای و زاویه‌ی انحناي کمر مورد استفاده قرار گرفت و سپس با استفاده از گردآوری نتایج و بررسی آماری آن میزان همبستگی مبین نتایج برآورد شد.

## یافته‌ها

میانگین سنی افراد شرکت کننده در این مطالعه  $44 \pm 8$  سال بود. میانگین کلی زاویه‌ی انحناي کمر در روش دستی  $35 \pm 8/1$  درجه و در روش پیشنهادی در این مطالعه که با استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر پردازش تصاویر دیجیتال بود  $37 \pm 7/6$  درجه بود. بدین صورت میانگین زاویه‌ی انحنا در دو روش مورد استفاده در این مطالعه دارای همبستگی معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ,  $r = 0/89$ ).

همچنین نتایج آزمون Paired-t نشان می‌دهد، فرض یکسان بودن نتایج روش دستی و روش اتوماتیک مطرح شده در این مطالعه، فرض صحیحی بوده است ( $P < 0/05$ ). در جدول ۱ نتایج کلی و دسته‌بندی جنسیتی بین بیماران در تکنیک پیشنهادی در این مطالعه به تفکیک نمایش داده شده است.

جدول ۱. مقایسه‌ی نتایج در تکنیک پیشنهادی

زاویه در مردان (درجه)	زاویه در زنان (درجه)	میانگین $\pm$ انحراف معیار
$3 \pm 1/7$	$4 \pm 1$	$L_1-L_2$
$6 \pm 2/9$	$7 \pm 3/6$	$L_2-L_3$
$8 \pm 3/1$	$9/5 \pm 3$	$L_3-L_4$
$11 \pm 4$	$13 \pm 4/2$	$L_4-L_5$
$19 \pm 6/8$	$17/5 \pm 3/5$	$L_5-S_1$
$35 \pm 8/4$	$39 \pm 4/2$	$L_1-S_1$

مطالعه در معتبر بودن روش پیشنهادی، در صورتی که بیمار دارای رادیوگرافی دیجیتالی باشد، بررسی زاویه‌ی انحنای کمر به صورت اتوماتیک و با روش‌های پردازش تصویر عاری از خطا است و با توجه به سرعت بالاتر به جای روش دستی مبنی بر کلیشه‌ی رادیوگرافی و خط‌کش انعطاف‌پذیر پیشنهاد می‌شود.

### تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات پردازش تصویر و سیگنال پزشکی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به دلیل حمایت مالی از این پروژه تشکر می‌شود.

با روش دستی مبتنی بر رادیوگرافی نداشت (۲۵). اگر چه روش‌های مختلف هر یک دارای مزایا و معایب ویژه خود می‌باشند، از آن جا که اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای ستون فقرات کمری مبتنی بر رادیوگرافی بر خلاف دیگر روش‌ها تحت تأثیر تغییرات بافت نرم قرار نمی‌گیرد، رواج زیادی پیدا کرده است (۲۶).

از آن جا که بر اساس نتایج مطالعات تفاوتی بین دو روش اندازه‌گیری زاویه‌ی انحنای کمر بر روی کلیشه‌های رادیوگرافی و با خط‌کش انعطاف‌پذیر و دیگر روش‌ها وجود ندارد و با توجه به یافته‌های این

### References

1. Amonoo-Kuofi HS. Morphometric changes in the heights and anteroposterior diameters of the lumbar intervertebral discs with age. *J Anat* 1991; 175: 159-68.
2. Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J, et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1982; 7(4): 335-42.
3. Wright JG, Bell D. Lumbosacral joint angles in children. *J Pediatr Orthop* 1991; 11(6): 748-51.
4. Schuler TC, Subach BR, Branch CL, Foley KT, Burkus JK. Segmental lumbar lordosis: manual versus computer-assisted measurement using seven different techniques. *J Spinal Disord Tech* 2004; 17(5): 372-9.
5. Borenstein DG, Wiesel SW, Boden SD. Low back pain: medical diagnosis and comprehensive management. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia, PA: Saunders; 1995. p. 19-21.
6. Twomey LT, Taylor JR. Physical therapy of the low back. 3<sup>rd</sup> ed. New York, NY: Churchill Livingstone; 2000. p. 66-70.
7. Murray RO. Pediatric orthopedic radiology. *J R Soc Med* 1980; 73(1): 84-5.
8. Pashman RS. Ankylosing spondylitis. In: Moe JH, Lonstein JE, editors. *Moe's textbook of scoliosis and other spinal deformities*. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia, PA: W.B. Saunders; 1995. p. 212-41.
9. Evcik D, Yucel A. Lumbar lordosis in acute and chronic low back pain patients. *Rheumatol Int* 2003; 23(4): 163-5.
10. Bridwell KH. Causes of sagittal spinal imbalance and assessment of the extent of needed correction. *Instr Course Lect* 2006; 55: 567-75.
11. Kendall F, Provance P, McCreary EK. *Muscles: Testing and function*. 4<sup>th</sup> ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1993. p. 76.
12. Norton BJ, Sahrman SA, Van Dillen FL. Differences in measurements of lumbar curvature related to gender and low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2004; 34(9): 524-34.
13. Kim HJ, Chung S, Kim S, Shin H, Lee J, Kim S, et al. Influences of trunk muscles on lumbar lordosis and sacral angle. *Eur Spine J* 2006; 15(4): 409-14.
14. Chen YL. Vertebral centroid measurement of lumbar lordosis compared with the Cobb technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 1999; 24(17): 1786-90.
15. Tsuji T, Matsuyama Y, Sato K, Hasegawa Y, Yimin Y, Iwata H. Epidemiology of low back pain in the elderly: correlation with lumbar lordosis. *J Orthop Sci* 2001; 6(4): 307-11.
16. Simpson SR. Evaluation of a flexible ruler technique for measuring lumbar lordosis in the clinical assessment of low back pain. *J Soc Occup Med* 1989; 39(1): 25-9.
17. Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, Janik TJ, Holland B. Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods. *Spine (Phila Pa 1976)* 2001; 26(11): E235-E242.
18. Gonzalez R, Woods RE. *Digital image processing*. 3<sup>rd</sup> ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall; 2008.

19. Dunn CJ. Well separated clusters and optimal fuzzy-partitions. *Journal of Cybernetics* 1974; 4: 95-104.
20. Loewenstein H, Patterson J, Shuke J. Comparison of lumbar curves, when sitting on the Nada- chair, sitting on a conventional chair and standing. [Ms Thesis]. Glenside, PA: Arcadia University. 1989.
21. ISRAEL M. A quantitative method of estimating flexion and extension of the spine; a preliminary report. *Mil Med* 1959; 124(3): 181-6.
22. Burton AK. Regional lumbar sagittal mobility; measurement by flexicurves. *Clinical Biomechanics* 1986; 1(1): 20-6.
23. Hart DL, Rose SJ. Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar curve. *J Orthop Sports Phys Ther* 1986; 8(4): 180-4.
24. Bridger RS, Wilkinson D, van HT. Hip joint mobility and spinal angles in standing and in different sitting postures. *Hum Factors* 1989; 31(2): 229-41.
25. Willner S. Spinal pantograph--a noninvasive anthropometric device for describing postures and asymmetries of the trunk. *J Pediatr Orthop* 1983; 3(2): 245-9.
26. Portek I, Percy MJ, Reader GP, Mowat AG. Correlation between radiographic and clinical measurement of lumbar spine movement. *Br J Rheumatol* 1983; 22(4): 197-205.

## An Automatic Method for Measuring Lumbar Lordosis Angle

Amin Farahabadi MSc<sup>1</sup>, Iman Farahabadi MSc<sup>1</sup>, Hossein Rabbani PhD<sup>2</sup>,  
Majid Rezvani PhD<sup>3</sup>

### Abstract

**Background:** Natural curves of the spinal column adjust the head to line up with the hip. They also control the absorption of sudden shocks and mechanical forces. The investigation of the angle of lumbar lordosis is widely used in lumbosacral pathological studies. This study aimed to improve the accuracy and speed of measuring lumbar lordosis angle.

**Methods:** This cross-sectional analytic study was conducted in Isfahan University of Medical Sciences, Iran, during 2010. One hundred patients (50 men and 50 women) with low back pain and available lateral lumbar radiographs and their corresponding electronic files were recruited from the Kashani Hospital (Isfahan, Iran). The angle of lumbar lordosis on lateral lumbar radiographs was measured twice using our suggested image processing method and conventional non-automatic method (based on Cobb's principle). The obtained data was analyzed using descriptive statistics, paired t-test and Pearson's correlation test.

**Findings:** The mean age of patients was  $44 \pm 8$  years. The mean lumbar lordosis angle was calculated as  $35.0 \pm 8.1$  degrees using conventional non-automatic method and as  $37.0 \pm 7.6$  degrees using our image processing method. The mean angles of lumbar lordosis measured in these methods were significantly correlated ( $r = 0.89$ ;  $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** Although measurement of lumbar lordosis angle is commonly performed based on the clinical method using flexible rulers or conventional non-automatic method using radiographs, our automatic image processing method was also a reliable tool to measure lumbar lordosis angle more quickly and accurately.

**Keywords:** Lumbar lordosis angle, Radiography, Image processing

<sup>1</sup> Department of Biomedical Engineering, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Medical Image and Signal Processing Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor, Department of Neurosurgery, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Corresponding Author:** Hossein Rabbani PhD, Email: h\_rabbani@med.mui.ac.ir