

طب ورزشی _ بهار و تابستان ۱۳۸۹
شماره ۴ - ص : ۸۹ - ۷۳
تاریخ دریافت : ۳ / ۰۵ / ۸۹
تاریخ تصویب : ۲۴ / ۰۲ / ۹۰

تشخیص ناهنجاری های ستون فقرات با استفاده از نشانگرهای نصب شده روی زوائد خاری

۱. محمد یوسفی^۱ _ ۲. سعید ایل بیگی _ ۳. ناصر مهرشاد _ ۴. محمد اسماعیل افضل پور
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند، ۲. استادیار دانشگاه بیرجند، ۳. دانشیار دانشگاه بیرجند

چکیده

در این تحقیق یک روش غیرتهاجمی جدید برای ارزیابی قوس‌های ستون فقرات ارائه شده است. از مزایای این روش، سرعت در فرایند اندازه‌گیری و عدم لمس بدن آزمودنی است. برای اثبات اینکه این دو مزیت روش پیشنهادی تأثیر منفی بر دقت اندازه‌گیری زوایای مربوط به قوس‌های پشتی و کمری نداشته است، مقادیر کیفوز پشتی و لوردوز کمری برای چهل نفر از دانشجویان دانشگاه بیرجند با میانگین و انحراف استاندارد سنی 26 ± 2 (سال)، وزن $72 \pm 2/5$ (کیلوگرم) و قد $169 \pm 5/5$ (سانتی‌متر) توسط روش پیشنهادی و همچنین روش پرکاربرد خط کش منعطف (به عنوان شاهد) استخراج و میزان همبستگی بین این دو روش از طریق ضریب همبستگی پیرسون محاسبه گردید. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی و روش خط کش منعطف در اندازه‌گیری زوایای لوردوز کمری و کیفوز پشتی به ترتیب دارای همبستگی $0/95$ و $0/97$ می‌باشند ($P < 0/05$). براساس نتایج به دست آمده، روش پیشنهادی دارای همبستگی بالایی در اندازه‌گیری زوایای لوردوز کمری و کیفوز پشتی در مقایسه با روش خط کش منعطف می‌باشد، بنابراین می‌توان از روش پیشنهادی به عنوان یک روش با دقت بالا در کنار سایر روش‌های غیرتهاجمی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی

ستون فقرات، تشخیص ناهنجاری، پردازش تصویر، کیفوز، لوردوز.

مقدمه

راستای کرنال ستون فقرات انسان کاملاً تعریف شده است، اما در مقایسه، تعریف مشخصی از راستای ساجیتال ستون فقرات وجود ندارد. در نمای ساجیتال ستون فقرات دو انحنای کیفوتیک، بین مهره اول و دوازدهم سینه و لوردوتیک، بین مهره اول و پنجم کمر وجود دارد. اختلاف بین انحنای طبیعی و پاتولوژیک در نمای ساجیتال به خوبی نمای کرنال تعریف شده نیست (۱۶). انحنای طبیعی ستون فقرات سبب می شوند که سر در راستای لگن قرار گیرد، ضربات ناگهانی جذب شده و نیروهای مکانیکی کنترل شوند و به طور کلی فرد در وضعیت مطلوب قامتی قرار می گیرد.

انحراف از وضعیت مطلوب قامتی نه تنها از لحاظ ظاهری ناخوشایند است، بلکه بر کارایی عضلات نیز تأثیر منفی گذاشته و باعث مستعد شدن فرد در ابتلا به ناهنجاری های اسکلتی - عضلانی و اختلالات عصبی می شود (۲). علاوه بر این نشان داده شده است که اگر بدن برای مدت طولانی در وضعیت نامطلوب قامتی قرار گیرد، بعضی عضلات دچار کشیدگی و بعضی دچار کوتاهی شده (۱۲) و در این حالت خود را با این وضعیت تطبیق داده، این تطبیق به گونه ای است که در عضلات کوتاه شده جمع شدگی و در عضلات طرف مقابل، ضعف و کشیدگی بروز می کند (۱۲). بدیهی است که استفاده زیاد از گروه خاصی از عضلات در دامنه حرکتی محدود، نیز منجر به عدم تعادل عضلانی شده و باعث تغییرات نامطلوب قامتی می شود (۱۰، ۱۱). از جمله تغییرات نامطلوب می توان به ناهنجاری هایی که در ناحیه کمری و پشتی (لوردوز و کیفوز) بوجود می آید، اشاره کرد.

کیفوز و لوردوز به ترتیب قوس خلفی و قدامی در ستون فقرات می باشد (۳). تحدب قدامی کمر و تقعر خلفی پشت تحت تأثیر عوامل داخل نظیر تغییر شکل مهره ها، دیسک بین مهره ای و ساکروم و عوامل خارجی نظیر موقعیت مرکز ثقل، وزن بدن و قدرت عضلات ایجاد و حفظ می شود (۱۹).

تشخیص ناهنجاری های ستون فقرات و اندازه گیری زوایای انحناء کمر و پشت، با استفاده از انواع روش های تهاجمی و غیرتهاجمی امکان پذیر است. استفاده از تصاویر رادیوگرافی، فلوروسکوپیک، سی تی اسکن و MRI از جمله روش های تهاجمی مورد استفاده برای این کار هستند (۲). روش های غیرتهاجمی مورد استفاده نیز به دو دسته روش های تماسی (استفاده از کایفومتر، انکلائینومتر، خط کش منعطف، اسپاینال پانتوگراف، الکتروگونیا متر و اسپاینال موس) و غیرتماسی (تست نیویورک، اسکرین و غربال بصری یا مشاهده ای) تقسیم می شوند (۳). یکی

از معروف ترین و قدیمی ترین روش های تهاجمی برای اندازه گیری انحنای کمر روش Cobb است. که اکثر متخصصین، زاویه انحنای کمر را بر روی کلیشه های رادیوگرافی و با استفاده از روش کوب اندازه گیری می کنند. خطرات ناشی از قرارگیری در معرض اشعه ایکس، صرف زمان زیاد برای اندازه گیری، هزینه بالا و مهم تر از همه اینها احتمال بالای خطا بر اثر تکنیک ها و وضعیت های مورد استفاده جهت عکس برداری و حرکات آزمودنی در طی عکس برداری از جمله معایب این روش هستند (۱). همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، این گونه روش های تهاجمی می توانند خطراتی از جمله سرطان استخوان در مردان و سرطان پستان و سقط جنین در زنان و مواردی از این قبیل را به دنبال داشته باشند (۱). پیشرفت در تکنولوژی و روش های اندازه گیری از یک طرف و خطرات ناشی از اندازه گیری های تهاجمی برای زوایای انحنای کمر و پشت از طرف دیگر باعث شده که امروزه استفاده از روش های اندازه گیری غیرتهاجمی توجه بیشتری را به خود جلب کند.

یکی از روش های غیرتهاجمی پرکاربرد در این زمینه، خط کش منعطف می باشد. محدودیت های اعمال شده روی آزمون شونده و آزمون گر حین اندازه گیری از یک طرف و توسعه روش های اندازه گیری از راه دور (مبتنی بر ماشین بینایی) از طرف دیگر ضرورت استفاده از این روش ها در کاربردهای تشخیصی و پزشکی را توجیه می کند. با توجه به نکات گفته شده، روش اندازه گیری زوایای مربوط به انحنای ستون فقرات با استفاده از پردازش تصاویر نشانگرهای منعکس کننده که در این مقاله پیشنهاد شده است، می تواند به عنوان یک روش نوین اندازه گیری از راه دور و بدون لمس آزمودنی (در زمان اندازه گیری) مورد توجه پزشکان و متخصصین حرکات اصلاحی ورزشی قرار گیرد. بنابراین محققین در این مقاله سعی دارند تا میزان دقت روش پیشنهادی خویش را با روش پرکاربرد خط کش منعطف (به عنوان روشی که نرم موجود با این وسیله به دست آمده و دارای اعتبار مناسب می باشد) بررسی نمایند.

روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نوع توصیفی - مقایسه ای است. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه دانشجویان پسر مشغول به تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند در سال تحصیلی ۸۹-۸۸ می باشد ($N=108$).

تعداد چهل نفر از دانشجویان مورد نظر به عنوان نمونه انتخاب شدند (روش نمونه‌گیری تصادفی ساده و اساس برآورد حجم نمونه فرمول نمونه‌گیری کاکرون می‌باشد). زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری هر یک از افراد به وسیله هر دو روش اندازه‌گیری (روش پیشنهادی و روش خط‌کش منعطف) محاسبه گردید. ابزار مورد استفاده برای اندازه‌گیری زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری شامل خط‌کش منعطف و روش پیشنهادی می‌باشد. در ادامه نحوه استخراج هر کدام از این زوایا به ترتیب با استفاده از روش خط‌کش منعطف و روش پیشنهادی با ذکر جزئیات توضیح داده شده‌اند.

نحوه محاسبه زوایا در روش خط‌کش منعطف

از خط‌کش منعطف برای اندازه‌گیری قوس‌های بالاتنه (لوردوز و کیفوز) استفاده شد. به این ترتیب که ابتدا آزمودنی به حالت ایستاده، راحت و طبیعی با پای برهنه بر روی مقوایی که محل قرارگرفتن پا در آن مشخص شده قرار می‌گرفت. سپس پاها را به اندازه عرض شانه باز کرده و در امتداد افقی به روبرو خیره می‌شود. در این حالت آزمونگر برای یافتن نقاط مرجع پشت سر آزمودنی قرار می‌گیرد. این نقاط مرجع برای استخراج محل زوائد خاری مهره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. نقاط مرجع شامل خارهای خاصه‌ای خلفی فوقانی است که ارزیابی آنها به وسیله دو فرورفتگی در ناحیه تحتانی پشت صورت می‌گیرد. پس از علامتگذاری این نقاط توسط ماژیک و رسم خط مستقیم بین این دو نقطه، زائده خاری مهره دوم حاجی (S2) به عنوان نقطه میانی این پاره خط مشخص می‌شود. برای مشخص کردن زائده خاری مهره چهارم کمری نیز ابتدا با فشار انگشتان دست در دو پهلو آزمودنی (بالای تاج خاصه)، بافت‌های نرم را کنار زده و سپس با حرکت انگشتان شست در راستای افق، زائده خاری مهره چهارم در محل تلاقی دو شست مشخص می‌شود. حال با شمارش خار مهره‌ها به سمت بالا امکان تعیین اولین زائده خاری مهره (L1) کمری و علامتگذاری محل آن توسط ماژیک میسر می‌شود. حال با در دست داشتن موقعیت L1 و S2، آزمونگر می‌تواند خط‌کش منعطف را بر روی این نقاط قرار داده، با وارد کردن فشار در طول خط‌کش باعث شود که خط‌کش کاملاً به شکل انحنای کمری درآید. در این مرحله، آرام و با دقت خط‌کش از روش پشت آزمودنی برداشته شده و منحنی ایجاد شده بر روی آن (از سمتی که خط‌کش تماس بر پوست بدن بوده) به صفحه کاغذ منتقل می‌شود. در اندازه‌گیری‌های بعدی کلیه علائم ایجاد شده در اندازه‌گیری قبلی از روی بدن آزمودنی پاک شده و بعد از یک دقیقه استراحت تمام مراحل قبل تکرار می‌شود.

(۱۵). برای پیشگیری از اثر انتظارات آزمونگر، در مراحل مختلف تکرار آزمایش هیچ اطلاعاتی از مقادیر زوایا در اختیار او قرار نداشت. زاویه لوردوز در هر یک از ده بار آزمایش انجام شده توسط رابطه ۱ استخراج و ثبت شد. میانگین ده مقدار اندازه‌گیری شده مقدار نسبتاً دقیقی از زاویه لوردوز است.

$$\theta = \varphi \left[\text{ARCTag} \left(\frac{\sqrt{H}}{L} \right) \right] \quad (1)$$

در این فرمول طول منحنی (L) نشان دهنده فاصله بین اولین مهره کمری تا دومین مهره خاجی و ارتفاع منحنی (H) خط عمودی است که بیشترین فاصله را با خط L دارد (۹). به منظور اندازه‌گیری زاویه کیفوز آزمودنی‌ها توسط خط‌کش منعطف، ابتدا با روش لمس کردن^۱ زائده خاری C7 مشخص و علامت‌گذاری می‌شود. به منظور تعیین زائده خاری C7، آزمودنی سرش را به سمت پایین خم کرده، سپس اولین برجستگی در انتهای تحتانی گردن تعیین می‌شود. زائده شوکی مهره C7 اغلب برجسته‌ترین زائده شوکی در انتهای گردن است. به دلیل تشابه زوائد شوکی C6 و C7 شاید زائده شوکی C7 به راحتی قابل تشخیص نباشد. برای تسهیل در یافتن زائده شوکی C7 از آزمودنی خواسته می‌شد به آرامی حرکت بازگشت از حالت فلکشن گردن را به حالت خنثی انجام دهد در حین انجام این حرکت برجستگی زائده شوکی C6 زودتر ناپدید می‌شود. بدین ترتیب زائده خاری C7 مشخص و علامت‌گذاری می‌شود. بعد از مشخص کردن زائده خاری C7 می‌بایست زائده خاری T12 نیز مشخص و علامت‌گذاری شود. برای تعیین زائده خاری مهره T12 از آزمودنی خواسته می‌شود که دست‌هایش را روی لبه میز قرار داده و در حالت نیمه خم به جلو، وزنش را بر روی دست‌ها خویشتن انتقال دهد. زائده خاری مهره T12 با لبه تحتانی دنده‌های دوازدهم در دو سمت هم سطح است. به همین دلیل به طور همزمان لبه این دنده‌ها با نوک انگشتان شست لمس گشته و مسیر آنها به سمت بالا و داخل تا جایی که در بافت نرم بدن ناپدید شوند دنبال می‌گردد. در این نقطه با رسم کردن خط مستقیمی که نوک دو انگشت شست را به هم وصل می‌کند محل زائده T12 تخمین زده می‌شود. پس از پیدا کردن زائده مورد نظر، آن را نیز علامت‌گذاری کرده و خط‌کش منعطف را بر روی دو زائده مورد نظر (C7 و T12) قرار داده و پس از شکل گرفتن خط کش منعطف، آن را به روی کاغذ انتقال داده و کمان مورد نظر را ترسیم کرده و با استفاده از رابطه ۱ میزان زاویه کیفوز محاسبه می‌شود (۳).

نحوه محاسبه زوایا در روش پیشنهادی

روش پیشنهادی برای اندازه‌گیری کیفوز پشتی و لوردوز کمری مبتنی بر تعیین موقعیت نسبی نشانگرهای منعکس کننده نصب شده روی زائده خاری نسبت به یکدیگر است. بنابراین در اولین مرحله اندازه‌گیری لازم است که با روش لمس کردن، نشانگرهای منعکس کننده در محل زوائد خاری (شامل پنج مهره کمری و مهره خاجی و مهره‌های اول، سوم، پنجم، هفتم، نهم و یازدهم پشتی و زائده خاری مهره هفتم گردنی) نصب شوند (۱۴). زوائد خاری C7 و T12 مطابق شیوه ذکر شده در روش خط‌کش منعطف پیدا می‌شوند. بعد از یافتن زائده خاری مهره T12 برای تعیین زوائد خاری مهره‌های T11، T9، T7، T5، T3 و T1 زوائد خاری به سمت بالا شمارش می‌شوند. همچنین برای یافتن زوائد خاری مهره‌های کمری و مهره خاجی به همان ترتیب روش خط‌کش منعطف عمل می‌شود (۳). بعد از یافتن زوائد خاری تمام مهره‌های مذکور نشانگرهای منعکس کننده بر روی زوائد مورد نظر نصب می‌شوند.

در مرحله بعد شخص در موقعیت مشخصی مستقر شده (قرار گرفتن آزمودنی در فاصله یک متری از دوربین دستگاه تحلیل گر حرکت و سپس تنظیم نمای جانبی آزمودنی بر اساس محل قرارگیری پایه دوربین و محل تعبیه شده برای آزمودنی) و تعداد ده تصویر از نمای جانبی وی توسط دستگاه تحلیل حرکت^۱ گرفته می‌شود (نشانگرها فقط یکبار نصب می‌شوند و تعداد ده تصویر با فاصله زمانی یک دقیقه از فرد گرفته می‌شود). این مرحله، مهم‌ترین مرحله اندازه‌گیری است و باید دقت شود که حین عمل عکس برداری وضعیت استقرار شخص کاملاً طبیعی باشد. همچنین برای پرهیز از پیچیده شدن الگوریتم‌های پردازش تصویر در مراحل بعدی اندازه‌گیری لازم است که تصاویر تحت شرایط کنترل شده‌ای از وضعیت نورپردازی و رنگ زمینه گرفته شوند. تصاویر با فاصله زمانی یک دقیقه گرفته می‌شوند. پس از استخراج عکس‌ها، هر یک از آنها وارد برنامه روش پیشنهادی شده و زاویه هر یک از تصاویر استخراج می‌شود.

در نهایت میانگین ده زاویه مورد نظر به عنوان زاویه نهایی ثبت می‌شود. شکل ۲ نمونه‌ای از این تصاویر که در پس زمینه تیره گرفته شده است را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، برخی از نشانگرها به طور کامل دیده نمی‌شوند. بنابراین چنانچه بخواهیم یک نقطه را به عنوان موقعیت نشانگر در تصویر

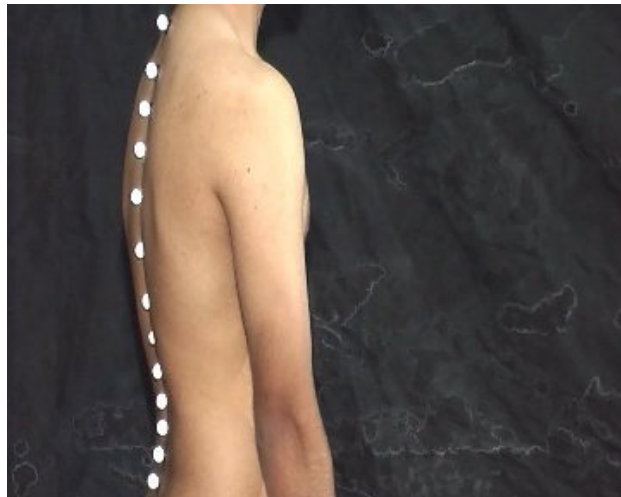
انتخاب کنیم، بهتر است که دورترین نقطه نشانگر از ستون فقرات را به عنوان مختصات نشانگر انتخاب کنیم. در این شرایط کنترل شده برای تصویربرداری، نواحی مربوط به نشانگرها را می توان به راحتی و با اعمال یک آستانه سازگار مطابق رابطه ۲ مشخص کرد :

$$f_t(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) > 0.99_{\max}(f(x, y)) \\ 0, & f(x, y) \leq 0.99_{\max}(f(x, y)) \end{cases} \quad (2)$$

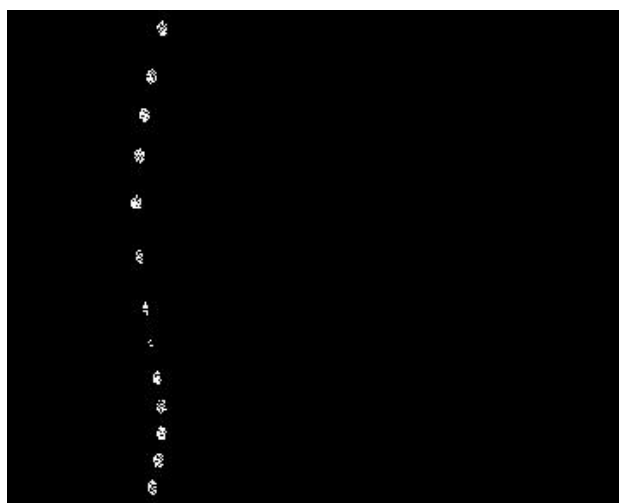
اعمال این آستانه سازگار روی تصویر نشان داده شده در شکل ۲ نواحی مربوط به نشانگرها را مطابق تصویر نشان داده شده در شکل ۳ استخراج می کند. همان طور که در شکل ۳ مشخص است، با اعمال آستانه تمام پیکسل های مربوط به موقعیت یک نشانگر تشکیل یک ناحیه پیوسته نمی دهند. این در حالی است که برای مراحل بعدی پردازش لازم است که ناحیه مربوط به هر نشانگر به صورت یک ناحیه پیوسته از نواحی اطراف خودش متمایز شود. برای انجام این کار روی تصویر حاصل از اعمال آستانه، عملگر مورفولوژیکی گسترش^۱ و به دنبال آن عملگر مورفولوژیکی فرسایش^۲ اعمال می شود. با انجام این کار نقاط مربوط به هر نشانگر توسط یک ناحیه پیوسته در تصویر باینری با مقدار یک مشخص می شوند (شکل ۴ را ببینید)

1 - Morphological Dilation Operator

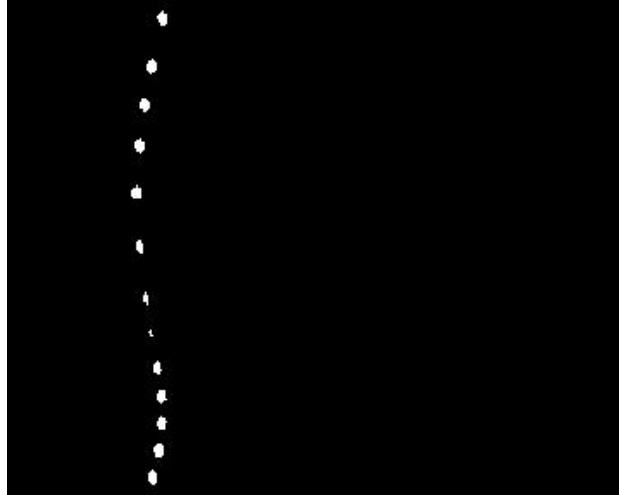
2 - Morphological Erosion Operator



شکل ۱. نمونه‌ای از تصاویر مورد استفاده برای اندازه‌گیری زوایای مربوط به کیفیت پستی و لوردوز کمری



شکل ۲. اعمال آستانه روی تصویر و استخراج نقاط مربوط به نشانگرهای منعکس کننده



شکل ۳. تعیین موقعیت نشانگرها در یک تصویر باینری با نواحی پیوسته متشکل از پیکسل‌های دارای شدت روشنایی یک

پس از تعیین دقیق نواحی مربوط به نشانگرهای منعکس کننده در تصویر، لازم است مختصات مربوط به هر یک از این نواحی محاسبه شود. برای این منظور کافی است در هر ناحیه مختصات دورترین پیکسل دارای شدت روشنایی یک از ستون فقرات مشخص شود. به عبارتی لازم است در ناحیه مربوط به یک نشانگر، نقطه/نقاطی که کمترین مقدار مختصه X دارند انتخاب شوند و متوسط مقادیر مختصات مربوط به این نقاط به عنوان مختصات مربوط به نشانگر انتخاب شوند. در این مرحله با داشتن مختصات مربوط به هر یک از نشانگرها محاسبه زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری به راحتی امکان پذیر است. چنانچه نشانگرها از بالا به پایین به ترتیب $M1$ ، $M2$ ، ... و $M13$ نامگذاری شوند، مقدار زاویه کیفوز پشتی یا زاویه انحناء در محل نشانگر $(M5)$ به راحتی و با استفاده از موقعیت نشانگرهای $(M3)$ و $(M7)$ محاسبه می‌شود. همچنین مقدار زاویه لوردوز کمری یا زاویه انحناء در محل نشانگر $(M11)$ به راحتی و با استفاده از موقعیت نشانگرهای $(M9)$ و $(M13)$ محاسبه می‌شود. چنانچه موقعیت نشانگر شماره I از بالا را با (x_i, y_i) نشان دهیم، مقدار زاویه مربوط به کیفوز پشتی و لوردوز کمری (θ_i) مطابق رابطه های زیر به ترتیب به ازای $i = 0$ و $i = 1$ محاسبه می شود.

$$l_1 = \sqrt{(x_{r+6i} - x_{v+6i})^2 + (y_{r+6i} - y_{v+6i})^2}$$

$$l_2 = \sqrt{(x_{d+6i} - x_{v+6i})^2 + (y_{r+6i} - y_{v+6i})^2}$$

$$l_3 = \sqrt{(x_{r+6i} - x_{d+6i})^2 + (y_{r+6i} - y_{d+6i})^2}$$

$$\theta_i = \frac{72}{\pi} \tan^{-1} (2l_2 \sin(\cos^{-1}(\frac{l_2^2 + l_3^2 - l_1^2}{2l_2 l_3}))) \quad (3)$$

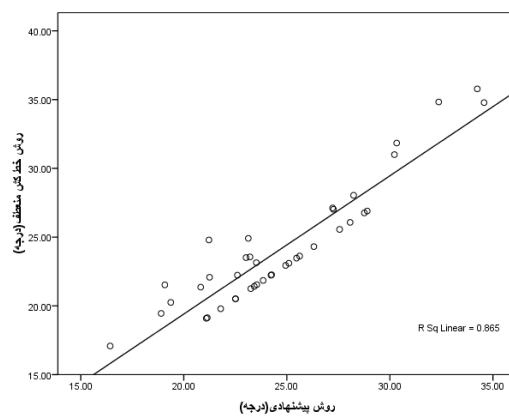
نتایج و یافته‌های تحقیق

میانگین و انحراف استاندارد زوایای کیفیت پستی و لوردوز کمری با استفاده از هر دو روش اندازه‌گیری (روش پیشنهادی و روش خط‌کش منعطف) در جدول ۱ نشان داده شده است.

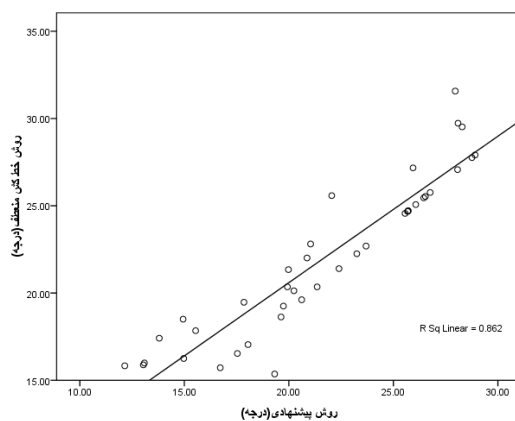
جدول ۱ - میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق

روش خط‌کش منعطف	روش پیشنهادی	روش‌های اندازه‌گیری
میانگین و انحراف معیار	میانگین و انحراف معیار	دسته
۲۴/۹۱ ± ۴/۴۳	۲۴/۷۳ ± ۴/۱۰	زوایای کیفیت پستی
۲۱/۹۸ ± ۴/۵۰	۲۱/۳۷ ± ۴/۹۸	زوایای لوردوز کمری

با توجه به اینکه طرح تحقیق نوع طرح همبستگی و حجم نمونه این تحقیق بیش از ۳۰ آزمودنی است، توزیع متغیرهای تحقیق طبیعی می‌باشد (۵). بنابراین برای تحلیل رابطه بین متغیرها می‌بایست از آزمون ضریب همبستگی پیرسون استفاده شود. از مفروضه‌های استفاده از ضریب همبستگی پیرسون این است که رابطه متغیرها می‌بایست یک رابطه خطی باشد. به منظور اثبات رابطه خطی بین متغیرها از نمودار پراکنش استفاده شده است (۵). شکل ۴ و ۵ نشان دهنده رابطه خطی بین متغیرها می‌باشد.



شکل ۴. خط رگرسیون حاصل از رابطه خطی بین دو متغیر در اندازه گیری کیفیت پستی



شکل ۵. خط رگرسیون حاصل از رابطه خطی بین دو متغیر در اندازه گیری لوردوز کمتری

میزان همبستگی بین متغیرها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲_ نتایج ضریب همبستگی پیرسون دو روش پیشنهادی خط کش منعطف در اندازه گیری های لوردوز کمری و کیفوز پشتی

تعداد	سطح معناداری	ضریب همبستگی	نتایج روش
۴۰	۰/۰۰۱	۰/۹۷	روش پیشنهادی و روش خط کش منعطف در اندازه گیری کیفوز
۴۰	۰/۰۰۱	۰/۹۵	روش پیشنهادی و روش خط کش منعطف در اندازه گیری لوردوز

در این تحقیق برای هر یک از نمونه‌ها تعداد ده بار اندازه‌گیری توسط هر یک از روش‌ها انجام شده و سپس میانگین ده بار اندازه‌گیری به عنوان زاویه کیفوز یا لوردوز هر آزمودنی ثبت شد. نکته بارزی که در تمامی نمونه های این تحقیق دیده شد این بود که علی رغم تشابه میانگین، مقادیر انحراف معیار زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری هر آزمودنی در روش پیشنهادی با روش خط کش منعطف اختلاف زیادی داشت، که به عنوان نمونه مقادیر زوایای دو نفر از آزمودنی‌های این تحقیق در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۳، مقادیر انحراف معیار زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری برای نمونه شماره یک در روش پیشنهادی (به ترتیب ۰/۲۳۴ و ۰/۳۷۹) در مقایسه با همین مقادیر در روش خط کش منعطف (به ترتیب ۴/۳۰ و ۵/۰۱۷) مقادیر کمتری هستند. همچنین مقادیر انحراف معیار زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری برای نمونه شماره دو نیز در روش پیشنهادی (به ترتیب ۰/۳۰۵ و ۰/۲۱۳) در مقایسه با همین مقادیر در روش خط کش منعطف (به ترتیب ۵/۰۷۸ و ۴/۰۲۷) نیز مقادیر کمتری هستند. کمتر بودن این مقادیر نشان دهنده یک منبع خطا در روش خط کش منعطف است که می‌تواند از آزمونگر یا آزمون شونده ناشی شود.

جدول ۳_ میانگین و انحراف معیار زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری تعداد ۲ نفر از آزمودنی های تحقیق

انحراف معیار	میانگین	متغیرهای موضوع	آزمودنی	روش‌های اندازه‌گیری
۰/۲۳۴	۲۴/۱۹۰	کیفوز پشتی	آزمودنی شماره یک	روش پیشنهادی
۰/۳۷۹	۲۶/۸۱۱	لوردوز کمری	یک	
۰/۳۰۵	۲۳/۱۵۴	کیفوز پشتی	آزمودنی شماره دو	
۰/۲۱۳	۲۵/۳۶۴	لوردوز کمری	دو	
۴/۳۰	۲۳/۸۱۵	کیفوز پشتی	آزمودنی شماره یک	روش خط کش منعطف
۵/۰۱۷	۲۵/۹۳۵	لوردوز کمری	یک	
۵/۰۷۸	۲۳/۷۳۶	کیفوز پشتی	آزمودنی شماره دو	
۴/۰۲۸	۲۴/۸۷۶	لوردوز کمری	دو	

بحث و نتیجه گیری

روایی خط کش منعطف در اندازه گیری کیفوز پشتی و لوردوز کمری تا کنون در تحقیقات زیادی در داخل و خارج از کشور به اثبات رسیده است. هات و رز^۱ (۱۹۸۲)، هارت و رز^۲ (۱۹۸۶) تیلستون و بورتون^۳ (۱۹۹۱)، کهریزی (۱۳۷۰)، نوربخش و موسوی (۲۰۰۱) و صیدی و همکاران (۲۰۰۹) میزان روایی خط کش منعطف را در اندازه گیری لوردوز کمری به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۷۹، ۰/۸۷، ۰/۷۲، ۰/۹۲ و ۰/۹۱ به دست آوردند. همچنین خلخالی و همکاران (۲۰۰۶، ۱۳۸۲) میزان روایی خط کش منعطف را در اندازه گیری کیفوز پشتی ۰/۸۹ به دست آوردند. با توجه به مزایای خط کش منعطف، محققان از خط کش منعطف به عنوان یک ابزار غیرتهاجمی برای ارزیابی کلینیکی و تحقیقاتی در افراد سالم و تشخیص ناهنجاری های قوس ستون فقرات بهره برده اند (۲۰). همچنین با توجه به نتایج تحقیقات مذکور، از خط کش منعطف می توان به وسیله ای مطمئن و در عین حال آسان، کم هزینه و بی خطر در مقابل روش X-Ray، برای اندازه گیری قوس های کایفوز و لوردوز استفاده کرد (۴). بدین منظور در تحقیق حاضر برای بررسی دقت روش پیشنهادی در استخراج زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری از میزان همبستگی مقادیر به دست آمده از روش پیشنهادی و روش خط کش منعطف در استخراج زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۵ می باشد. نتایج به دست آمده از این روش در مقایسه با روش خط کش منعطف نشان از دقت روش پیشنهادی در اندازه گیری زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری می باشد. تا کنون تحقیقی که این دو روش (پیشنهادی و خط کش منعطف) را با یکدیگر مورد مقایسه قرار دهد، انجام نشده است. اما روایی روش پیشنهادی در تحقیقات اندکی در مقایسه با روش اشعه ایکس مورد سنجش قرار گرفته است. تحقیقات لورکس و همکاران^۴ در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۲ از جمله تحقیقات خارجی در مورد روش پیشنهادی می باشند. در تحقیقات لورکس و همکاران میزان روایی روش پیشنهادی در مقایسه با روش اشعه ایکس برای اندازه گیری کیفوز پشتی و لوردوز کمری به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸۴ به دست آمد (۱۳، ۱۴). این نتایج نشان از دقت بالای روش پیشنهادی در استخراج زوایای کیفوز پشتی و لوردوز کمری می باشد. علی رغم دقت بالا، این روش دارای مزایا و معایبی از جمله موارد زیر نیز می باشد :

1 - Hart & Rose

2 - Hart & Rose

3 - Tilloston & Burton

4 - Learoux et al

- (۱) با اعمال تغییرات اندک در روش پیشنهادی، اندازه گیری کمیت‌های دیگر (به عنوان مثال میزان نبرابری شانه و لگن و حتی ناهنجاری‌های اندام تحتانی) امکان پذیر می‌شود.
- (۲) بر خلاف سایر وسیله‌های اندازه‌گیری از جمله خط‌کش منعطف که از ابتدا تا انتهای فرایند اندازه‌گیری با لمس بدن آزمودنی همراه است و عکس‌العمل بدن آزمودنی نسبت به فشار اعمال شده از طرف آزمونگر را به دنبال دارد، در روش پیشنهادی پس از نصب نشانگرها در حین مراحل تصویر برداری و استخراج زوایا هیچ‌گونه لمسی با بدن آزمودنی وجود ندارد. بنابراین بسیاری از منابع خطاهای احتمالی در این فرایند جلوگیری به عمل می‌آید.
- (۳) با توجه به نتایج این تحقیق، انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده توسط روش پیشنهادی در همه موارد از انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده توسط روش خط‌کش منعطف کمتر است، بنابراین مقدار زاویه حاصل در یک تکرار روش پیشنهادی در مقایسه با مقدار حاصل از یک تکرار روش خط‌کش منعطف از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است.

معایب روش پردازش تصویر:

- (۱) عدم استفاده این روش برای آزمودنی‌ها با جنسیت مونث در کشور ایران .
- (۲) شخصی که از این روش استفاده می‌کند می‌بایست اطلاعات کافی در مورد روش پیدا کردن لند مارک‌ها و نصب نشانگرها بر روی زوائد شوکی را داشته باشد. در غیر این صورت فرایند تحقیق با خطای نصب نشانگر همراه خواهد بود.

نتیجه‌گیری نهایی

براساس نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان روش پیشنهادی را به عنوان یک روش اندازه‌گیری در کنار سایر روش‌های غیرتهاجمی از جمله خط‌کش منعطف استفاده کرد. البته محقق لازم می‌داند تا تحقیقات بیشتری در مورد معایب قابل رفع روش پیشنهادی توسط محققین بعدی صورت گیرد. تا امکان استفاده از این روش توسط تمامی افراد جامعه ایرانی میسر گردد.

سیاسگزاری

نویسندگان مقاله لازم می‌دانند از مسئولان آزمایشگاه بیومکانیک دانشکده تربیت بدنی دانشگاه بیرجند برای همکاری در تهیه داده های مربوط به این تحقیق و در اختیار قراردادن امکانات این آزمایشگاه (دستگاه تحلیل گر حرکت) برای تهیه تصاویر مورد نیاز این تحقیق تشکر و قدردانی داشته باشند.

منابع و مأخذ

۱. اکبری، ا.، غیائی، ف.، عالی، ا.، حبیبی نیا، ا.، خسروی زرنندی، ح.، افشارپور، س. (۱۳۸۷). "مقایسه بین دو روش بالینی و پرتونگاری در اندازه‌گیری زاویه انحنای کمر". مجله دانشگاه علوم پزشکی ایلام، (۲) ۱۶. ص: ۸۷.
۲. الباسی، ز. (۱۳۸۷). "اسکولیوز و روش‌های اندازه‌گیری وضعیت ستون فقرات". پوشش، ۲، ص ص: ۹-۱۶.
۳. رجبی، ر.، صمدی، ه. (۱۳۸۷). "راهنمای آزمایشگاه حرکات اصلاحی". مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران.
۴. رجبی، ر.، لطیفی، س. (۱۳۸۸). "نورم متغیرهای کیفوز و لوردوز برای جامعه ایرانی در رده های سنی مختلف"، طرح پژوهشی در پژوهشکده تربیت بدنی.
۵. علی آبادی، خ.، صمدی، ع. (۱۳۸۲). "تحلیل داده های روان شناسی با برنامه اس پی اس اس". ویرایش ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱. انتشارات آگاه.

6. Bloomfield, J. (1994). "Postural consideration in sport performance". *Applied Anatoy & Biomeh-In Sport*. PP:95-109.

7. Hart, D.L., Rose, S.J. (1982). "Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar lordosis curve". *J Orthop Sports Phys Ther*, 8(4); PP:180-184.

8. Hart, D.L., Rose, S.J. (1986). "Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar lordosis curve". *Phys Ther*, 62; PP:642-646.

- 9.Heart DL, Rose SJ. (1986). "Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar curve". *J Orthop Sports Phys Ther*, 8(4); PP:184-184.
- 10.Herbert, R.(1993). "Preventing and treating stiff joints". *Key Issues in musculoskeletal physiotherapy*. PP:114-141.
- 11.Janda, V. (1993). "Muscle strength in relation to muscle length, pain and muscle imbalance". *Muscle Strength*. PP:89-91.
- 12.Kendall, F.P., McCreary, E.K., Province, P.G., Rodgers, M.M., Romani, W.A.(2005). "Muscles Testing and function". The edition, Williams & Wilkins.
- 13.Learoux, M.A., Zabjek, K & Simard, G. (2002). "Estimated kyphosis and lordosis changes at follow – up in patients with idiopathic scoliosis". *Journal of Pediatric Orthopaedics*; 22; PP:73-79.
- 14.Learoux, M.A., Zabjek, K., Simard, G & Badeaux, J. (2000). "A noninvasive anthropometric technique for measuring kyphosis and lordosis". *Spine*; 25(13); PP:1689-1694.
- 15.Magee DJ. (2002). "Orthopedic Physical assessment". Philadelphia; Saunders WB Company; 4; PP:467-566.
- 16.Novak, C.B., Mackinnon, S.M.(1997). "Repetitive use and static postures: a source of nerve compression and pain". *Hand_Ther*. 10: PP:151-159.
- 17.Seidi, F. Rajabi, R.Ebrahimi, T.I. Tavanai, A.R. and Moussavi S.J. (2009). "The Iranian flexible ruler reliability and validity in lumbar lordosis measurmets". *World Journal of Sport Sciences* 2(2); PP:95-99.
- 18.Tilloston, K.M., Burton, A.K. (1991). "Noninvasive measurement of lumbar sagittal mobility : an assessment of flexicurve technique". *Spine*, 16(1); PP:29-33.
- 19.Twomey L, Taylor JR. (2000). "Physical therapy of the low back". New York, Churchill Livingstone; 3; PP:66-70.

20. Youdas, J.W., Holloman, J.H. Krause, D.A. (2006). "The effects of gender, age and body mass index on standing lumbar curvature in persons without current low back pain". *Physiotherapy Theory and Practice*, 22(5); PP:229-237.