

تعیین روایی و پایایی دستگاه قوس سنج اولتراسوند در اندازه گیری زاویه قوس کمری

حامد ارغوانی^۱، غلام علی قاسمی^۲، وحید ذوالاکتاف^۳، ناصر مهرشاد^۴

چکیده

زمینه و هدف: نظر به اینکه بسیاری از متخصصین حوزه تربیت بدنی عقیده به اهمیت دقت وسایل اندازه گیری در نتایج مقالات ورزشی بخصوص در اندازه گیری قوس های ستون فقرات دارند، هدف از این پژوهش ساخت دستگاه قوس سنج اولتراسوند و تعیین روایی و پایایی آن در اندازه گیری زاویه قوس کمری می باشد. **روش تحقیق:** پس از ساخت دستگاه، زاویه قوس کمری ۳۱ آزمودنی توسط سه آزمونگر در سه نوبت با فاصله حداقل ۲ ساعت با دستگاه ساخته شده برای تعیین پایایی آن، اندازه گیری شد. زاویه قوس کمری ۱۵ آزمودنی با روش های رادیوگرافی و پیشنهادی برای روایی سنجی دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمودنی ها از افراد در دسترس و داوطلب شهر بیرجند انتخاب شدند. برای تعیین میزان پایایی روش پیشنهادی از آزمون آلفای کرونباخ و برای تعیین میزان روایی دستگاه از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. **یافته ها:** یافته های تحقیق نشان داد که دقت سنجی فیزیکی دستگاه ساخته شده در جابجایی عمق $1/43 \pm 0/99$ میلی متر، جابجایی ارتفاع $1/09 \pm 0/84$ میلی متر، و اندازه گیری زاویه کمان $1/16 \pm 0/93$ درجه، در حد بالایی می باشد. پایایی آزمونگر اول، دوم و سوم به ترتیب $0/97$ ، $0/98$ و $0/98$ ؛ و پایایی بین نوبت های آزمونگران (عینیت) به ترتیب $0/96$ ، $0/97$ و $0/95$ به دست آمد ($p < 0/05$). میزان همبستگی روش پیشنهادی با روش مرجع $I = 0/95$ و معنادار به دست آمد ($p \leq 0/05$). **نتیجه گیری:** روایی و پایایی بالای روش پیشنهادی می تواند به دلیل دخالت حداقلی آزمونگر در مراحل اندازه گیری و استفاده از روش های مهندسی و کامپیوتری با دقت بالا باشد؛ در نتیجه می توان از آن برای اندازه گیری زاویه قوس کمری در کنار سایر روش های غیر تهاجمی به عنوان یک روش پایا و قابل اعتماد استفاده کرد. **واژه های کلیدی:** روایی، پایایی، اولتراسوند، ایکس ری و قوس کمری.

۱. نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد تربیت بدنی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران آدرس: اصفهان، میدان آزادی، خیابان هزار جریب، دانشگاه اصفهان، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی؛

Email: hamed_Arghvani1365@yahoo.com

۲. استادیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
 ۳. دانشیار گروه آسیب شناسی ورزشی و حرکات اصلاحی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
 ۴. استادیار گروه الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

مقدمه

(تست نیویورک و غربال بصری یا مشاهده‌ای و پردازش تصویر) تقسیم می‌شوند (۹). یکی از معروف‌ترین و قدیمی‌ترین روش‌های تهاجمی که اکثر متخصصین از آن استفاده می‌کنند و به عنوان معیار طلایی در اندازه گیری زاویه قوس کمر عنوان شده است، استفاده از روش عکس رادیوگرافی می‌باشد (۱۰). خطرات ناشی از قرارگیری در معرض اشعه ایکس، صرف زمان زیاد برای اندازه‌گیری، در دسترس نبودن، هزینه بالا، حرکات آزمودنی در طی عکس‌برداری و مهم‌تر از همه؛ احتمال بالای خطا بر اثر تکنیک‌ها و وضعیت‌های مورد استفاده جهت عکس‌برداری، از جمله معایب این روش هستند (۸). هر چند شیوه‌های غیر تهاجمی در مقایسه با شیوه‌های تهاجمی، دارای نقایص متنوعی می‌باشند؛ ولی به دلیل ماهیت آسیب رسان شیوه‌های تهاجمی که می‌توانند 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)، امروزه استفاده از روش‌های اندازه‌گیری غیر تهاجمی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است (۴).

از طرفی، صرف زمان زیاد برای اندازه‌گیری، هزینه گزاف و مهم‌تر از همه این‌ها، خطای اندازه‌گیری بالا، از جمله مهم‌ترین معایب روش‌های اندازه‌گیری غیر تهاجمی تماسی به شمار می‌روند. استفاده از روش‌های غیر تهاجمی غیر تماسی نیز مستلزم حضور مداوم یک نفر متخصص می‌باشد (۱۲).

وضعیت ساختمان ستون فقرات و نحوه اتصال عضلات و لیگامنت‌های مختلف به آن، ایجاب می‌کند که ستون مهره‌ها وظایف متعددی داشته باشد. از جمله این وظایف می‌توان نگهداری سر روی بدن، حفاظت نخاع و محل اتصال برای دنده‌ها را نام برد (۷). قوس‌های ستون فقرات، حرکات بالا تنه در جهات مختلف را امکان پذیر ساخته و فشارهای وارده بر مهره‌ها را کاهش می‌دهد؛ اما در برخی اوقات در اثر عادات حرکتی غلط، راستای ستون فقرات از حالت طبیعی آن منحرف شده و باعث بروز ناهنجاری‌هایی از قبیل کیفوز پشتی و لوردوز کمری می‌شود (۲). تعیین دقیق زوایای قوس پشتی و کمری در بسیاری از تحقیقات علوم پزشکی ورزشی به عنوان یکی از منابع خطا و تاثیر گذار در نتایج تحقیق در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، محققین به دنبال بهترین و مناسب‌ترین روش اندازه‌گیری زوایای مربوطه هستند (۱). تشخیص ناهنجاری‌های ستون فقرات و اندازه‌گیری زوایای قوس‌های کمر و پشت، با استفاده از انواع روش‌های تهاجمی و غیر تهاجمی امکان پذیر است (۳). استفاده از تصاویر رادیوگرافی، فلوروسکوپی^۱، سی‌تی‌اسکن^۲ و ام. آر. آی^۳؛ از جمله روش‌های تهاجمی مورد استفاده برای این کار هستند. روش‌های غیر تهاجمی مورد استفاده نیز به دو دسته روش‌های تماسی (استفاده از کایفومتر^۴، انکلاپنومتر^۵، خط‌کش منعطف، اسپاینال پانتوگراف^۶، الکتروگونیا متر و اسپاینال موس^۷) و غیر تماسی

1. Fluoroscopic

2. CT Scan

3. MRI

4. Kyphometer

5. Inclinator

6. Spinal Pantograph

7. Spinal Mouse

قوس کمر را اندازه گیری کرد. و در صورت مناسب بودن این روش، بتوان در کنار سایر شیوه های غیرتهاجمی از آن استفاده کرد.

روش تحقیق

در ابتدا پس از مشورت با اساتید صاحب نظر، از بین طرح های پیشنهادی، طرح ابتدایی و کم خرج برای ساخت دستگاه مطابق مشخصات پیشنهادی انتخاب و کار ساخت به فرد متخصص واگذار گردید. نمونه اولیه دستگاه (شکل شماره ۱) شامل یک فرستنده و گیرنده امواج اولتراسوند با فرکانس کاری ۴۰ کیلو هرتز بوده که فاصله از هدف را با دقت یک سانتی متر بر روی نمایشگر دستگاه نشان داده و اطلاعات را مستقیماً به وسیله پورت سریال به رایانه منتقل می کند.

در نتیجه تحقیقات بعدی در جهت کاهش و رفع این نقایص صورت گرفته و روش های گوناگون پیشنهاد شده است.

موارد و نقایص ذکر شده در روش های تهاجمی و غیر تهاجمی، این پرسش را ایجاد کرد که آیا می توان دستگاهی ساخت که با روشی جدید (غیر تهاجمی) زاویه قوس کمری را با خطای ناچیز، دقت بالا، در زمان اندک و با هزینه کمتر محاسبه کند و بتوان از آن در کنار سایر روش های معمول اندازه گیری استفاده کرد؟ در نتیجه، هدف از تحقیق حاضر ساخت دستگاه و ایجاد روشی است که در آن منابع خطا و نقایص موجود در روش های غیر تهاجمی بر طرف یا به حداقل رسیده و با کمترین دخالت آزمون گر بتوان زاویه



شکل شماره ۱. نمونه اولیه دستگاه فاصله سنج اولتراسوند

سنج های مافوق صوت توانایی اندازه گیری فاصله را با دقت میلی متر ندارند، به فاصله سنج با دقت یک سانتی متر اما حساس به لبه تغییر، اکتفا شد. بنابراین از بین حسگرهای موجود در بازار، بهترین آن که فاصله را از ۳ سانتی متر اندازه گیری می کند و زاویه دید باریکی دارد، انتخاب و لیزری برای مشخص کردن نقطه هدف (جسم روبه رو) پیشنهاد، و مورد نظر مطابق مشخصات درخواستی (شکل شماره ۲) مجدد ساخته شد.

پس از آزمون دستگاه اولیه در شرایط کنترل شده، به رفع مشکلات موجود از جمله موارد زیر پرداخته شد. دستگاه فاصله ها را از ۱۲ سانتی متر اندازه گیری، و فاصله های کمتر از ۱۲ سانتی متر را محاسبه نمی کند (دستگاه اولیه فاصله های کم را اندازه نمی گرفت)؛ در نتیجه، امکان پراکندگی موج ارسالی و عدم برخورد نقطه ای به محل مورد نظر وجود دارد. همچنین به دلیل حساسیت پایین حسگرها، در فاصله های مشخص و واقعی، مقادیر تغییر کرده و قابل اطمینان نبودند. چون فاصله



شکل شماره ۲. نمونه نهایی دستگاه فاصله سنج اولتراسوند

شده و میلی متر به میلی متر به جسم رو به رو نزدیک می شود، مقدار عدد نمایش داده شده در نمایشگر دستگاه فاصله سنج، در فاصله های همیشگی و کاملاً مشخص تغییر می کند، یعنی آن جایی که تغییر فاصله بر روی نمایشگر دستگاه

پس از ساخت دستگاه فاصله سنج نهایی، تلاش برای تست آن و دستیابی به دقت میلی متر شروع شد. محقق در یکی از این آزمایشات متوجه شد که پس از اینکه دستگاه بر روی صفحه مدرج میلی متری قرار داده

برای افزایش دقت سیستم از سانتی متر به میلی متر در اندازه گیری فاصله ها و همچنین از بین بردن دخالت آزمونگر در جابجایی دستگاه فاصله سنج، از میان روش ها و آزمایشات کنترل شده، روش استفاده از موتور پله ای افقی و عمودی برای جابجایی دستگاه فاصله سنج انتخاب، و تلاش برای طراحی و ساخت سخت افزاری که به وسیله موتور پله ای قابلیت جابجایی عمودی و افقی فاصله سنج را داشته باشد، شروع شد. در این مرحله، ابتدا طراحی وسیله مورد نظر انجام و کار ساخت آن، طبق مشخصات خواسته شده به فرد متخصص سپرده و وسیله مورد نظر ساخته شد (شکل شماره ۳). این وسیله از اجزاء زیر تشکیل شده است:

۱. پایه فلزی، ۲. موتور پله ای عمودی جهت حرکت پیچ و جابجا کردن سخت افزار افقی در سطح عمودی، ۳. موتور پله ای افقی جهت حرکت پیچ و جابجا کردن سخت افزار افقی در سطح افق، و ۴. پیچ و مهره برای اتصالات.

اتفاق می افتد، در واقعیت به میلی متر مشخص است؛ ولی نمایشگر قادر به نمایش آن نیست. به طور مثال، وقتی دستگاه روی یک صفحه مدرج، یک میلی متر یک میلی متر به جلو برده شد، مشاهده شد که فاصله حقیقی $\frac{3}{6}$ سانتی متر را ۴ سانتی متر، و وقتی دستگاه یک میلی متر به جلو حرکت می کند، یعنی در فاصله $\frac{3}{5}$ سانتی متر، مقدار ۳ سانتی متر را نشان می دهد. پس اگر دستگاه آنجایی که تغییر مقدار ۴ سانتی متر به ۳ سانتی متر بر روی نمایشگر اتفاق می افتد، متوقف شود؛ در حقیقت در فاصله $\frac{2}{5}$ سانتی متر از جسم روبه رو قرار دارد. اگر بتوان دستگاه فاصله سنج را تا جایی که تغییر ۴ به ۳ اتفاق بیفتد با دقت یک میلی متر جابجا کنیم، از جمع دو مقدار (مقدار جا بجا شده دستگاه تا نقطه تغییر عدد ۴ به ۳ بر روی نمایشگر و مقدار $\frac{3}{5}$) فاصله حسگر از موقعیت اولیه تا نقطه هدف، با دقت ۱ میلی متر مشخص می شود.



شکل شماره ۳. سخت افزار جابجا کننده با کمک موتور پله ای

را مشخص می کند را بر روی نقطه بالایی مشخص شده بر روی صفحه مدرج تنظیم کرده، با زدن دکمه استارت دستگاه به کمک موتور پله ای عمودی نور لیزر دستگاه فاصله سنج را تا نقطه بعدی پایین آورده و مجدد با زدن دکمه، دستگاه متوقف می شود و فاصله ی طی شده را با دقت یک میلی متر مشخص می کند، شروع و پایان حرکت با دکمه استارت دستگاه انجام شد. برای تمامی نقاطی که بر روی صفحه مدرج مشخص شده بود، این عمل انجام و فاصله ها تعیین شدند. سپس فاصله هایی که از دستگاه بدست آمده و فاصله هایی که در حقیقت توسط کمک آزمونگر بدست آمده، ثبت گردیدند.

تعیین دقت در اندازه گیری زوایای کمان فلزی:
در این مرحله، از وسیله ای که قادر بود ورقه فلزی را در زاویه های مختلف ثابت نگه دارد، استفاده شد؛ به این ترتیب که ابتدا یک ورقه فلزی از نقطه وسط به دیوار پیچ شده و دو طرف ورقه از نقطه وسطی لبه بالا و وسطی لبه پایین به هم نزدیک شده و در زاویه های متفاوت ثابت نگه داشته شد. مقدار این قوس در حقیقت با محاسبه مقدار طول قوس و عمق قوس با خط کش و استفاده از فرمول عمومی $\theta = 4 \arctan \left(\frac{h}{L} \right)$ توسط کمک آزمونگر محاسبه و ثبت شد (۶). لازم به ذکر است که محاسبه مقدار درجه این قوس توسط معیار مثلثاتی، خود با خطا همراه است؛ چون مقدار طول قوس و عمق قوس توسط خط کش با دقت میلی متر محاسبه می شود. آزمونگر با استفاده از دستگاه ساخته شده، میزان قوس تشکیل شده را محاسبه و داده های مورد نظر ثبت شدند.

پس از ساخت دستگاه قوس سنج اولتراسوند، دقت فیزیکی آن در جابجایی های عمق، ارتفاع، و اندازه گیری زاویه کمان با طراحی آزمایش های محقق ساخته؛ به شرح زیر اندازه گیری شد:

تعیین دقت در جابجایی عمق (در سطح افق):
برای این منظور چوب مکعبی شکل به قطر یک سانتی متر در جلوی یک لوله مدرج چسبانده و این لوله پس از اتصال به یک پایه عمودی، توانایی جابجایی این مکعب در سطح افق با دقت یک میلی متر را داشت. نور لیزر دستگاه بر روی مکعب چوبی قرار گرفته و فاصله ابتدایی به عنوان نقطه صفر در نظر گرفته شد. کمک آزمونگر جسم مکعبی شکل را در سطح افق جابجا و مقدار جابجایی را ثبت کرد. دستگاه فاصله سنج با کمک موتور پله ای فاصله طی شده را محاسبه و این مقدار نیز ثبت شد. این عمل برای جابجایی های دیگر نیز انجام و مقادیر مشاهده شده ثبت شدند. کمک آزمونگر و آزمونگر از مقادیر محاسبه یکدیگر آگاهی نداشتند. این اندازه گیری بیش از ۱۰۰ بار تکرار شد.

تعیین دقت در جابجایی ارتفاع (در سطح عمودی):
در این مرحله، یک صفحه مدرج میلی متری در ارتفاع ۱ متری بر روی دیوار نصب شد. کمک آزمونگر نقاطی را بر روی صفحه مدرج با ماژیک مشخص کرده و فاصله عمودی بین نقاط که در یک راستا بودند را با دقت میلی متر یادداشت کرد. آزمونگر بدون اطلاع از این فاصله ها، برای محاسبه فاصله های عمودی بین نقاط، از دستگاه موتور پله ای به ترتیب زیر استفاده و فاصله بین نقاط را مشخص کرد: ابتدا نور لیزر دستگاه که نقطه هدف

زاویه قوس کمری، ابتدا فرد در حالت طبیعی با پای برهنه روی مقوایی که برای هر فرد به طور جداگانه تعبیه شده بود، ایستاده پاها به اندازه عرض شانه باز و از او خواسته می شد وزن بدن را به طور مساوی روی دو پا تقسیم و نگاهش رو به جلو باشد. وسیله مورد نظر (شکل شماره ۴) برای استاندارد سازی شرایط آزمایش و جلوگیری از جابجایی های ستون فقرات بین پاهای فرد قرار گرفته، با دو دست آن را می گیرد. بعد از ۲ دقیقه که شخص حالت طبیعی را بدست آورد، تصاویر توسط دستگاه گرفته، فایل تصویر مورد نظر در اختیار پزشک قرار داده شد. پزشک با استفاده از نرم افزار دایکام^۱، زاویه مربوط به قوس کمری را در اختیار محقق قرار داد. این شیوه به دلیل این که هیچ گونه دخالت آزمونگر را نمی پذیرد و برای جلوگیری از قرار گرفتن بیش از حد فرد در برابر اشعه های مضر رادیوگرافی، فقط یک بار انجام شد.

پس از ساخت دستگاه و تعیین دقت های فیزیکی آن، برای تعیین روایی و پایایی آن، به شرح زیر اقدام شد:

دو گروه از افراد در دسترس و داوطلب شهر بیرجند انتخاب شدند. یک گروه ۳۱ نفری و یک گروه ۱۵ نفری. متغیرهای پیش بین در این مطالعه، شامل روش اندازه گیری زاویه قوس کمر (اشعه ایکس و روش پیشنهادی) و زاویه استخراج شده از هر یک از روش ها به عنوان متغیر وابسته می باشد. زاویه قوس کمری ۳۱ آزمودنی توسط سه آزمونگر در سه نوبت با فاصله حداقل ۲ ساعت با دستگاه ساخته شده برای تعیین پایایی آن اندازه گیری شد. زاویه قوس کمری ۱۵ آزمودنی با روش های رادیوگرافی و پیشنهادی برای روایی سنجی دستگاه اندازه گیری و مقادیر مورد نظر ثبت شدند. **روش استفاده از تصاویر رادیوگرافی:** در روش استفاده از تصاویر رادیوگرافی برای اندازه گیری



شکل شماره ۴. ثابت کننده ستون فقرات

گرفتیم. به عنوان مثال، چنانچه نقاط مشخص شده از بالا به پایین به ترتیب ۱، ۲، ۳، ...، n نام گذاری شوند، مولفه اول بردار ویژگی مقدار زاویه یا انحناء در محل نقطه ۱ در نظر گرفته شده و به راحتی محاسبه می شود. چنانچه موقعیت نقطه i ام را با (x_i, y_i) نشان دهیم، مقدار مولفه i ام از بردار ویژگی $f(i)$ مطابق رابطه های زیر به ترتیب به ازای $n, \dots, 3, 2, 1 = i$ محاسبه می شوند (۱۳) که در این مرحله مختصات نقاط وارد برنامه روش پیشنهادی شده و زاویه مورد نظر در کمتر از یک ثانیه محاسبه شد.

$$l_1 = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}$$

$$l_2 = \sqrt{(x_{i+1} - x_{i+2})^2 + (y_{i+1} - y_{i+2})^2}$$

$$l_3 = \sqrt{(x_i - x_{i+2})^2 + (y_i - y_{i+2})^2}$$

$$f(i) = \cos^{-1} \left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - l_3^2}{2l_1 l_2} \right)$$

در نتیجه، مختصات مربوط به یک سیکل اندازه گیری وارد برنامه روش پیشنهادی شده و برای این مختصات، زاویه مربوط طبق توضیحات و فرمول بالا تعیین شد. متوسط یک بار اندازه گیری زاویه قوس کمری با روش پیشنهادی حدوداً ۳ دقیقه به طول انجامید.

برای تعیین میزان پایایی دستگاه، پس از توضیح مختصر در مورد نحوه استفاده از دستگاه برای سه آزمونگر، از آن ها خواسته شد که در سه نوبت با فاصله حداقل دو ساعت زاویه قوس کمری ۳۱ آزمودنی را با روش پیشنهادی اندازه گیری و ثبت کنند. اطلاعات مربوط به هر

روش استفاده از دستگاه ساخته شده: روش

پیشنهادی برای تعیین زاویه قوس کمری شامل ۵ مرحله بود. در مرحله اول توسط روش هونفلید^۱ (۵)، زوائد شوکی (T12 و S2) مشخص شد (۱۱). در مرحله دوم، موارد مربوط به استاندارد سازی شرایط آزمایش را برای هر آزمودنی مد نظر قرار داده و از فرد خواسته شد که پشت به دستگاه ایستاده و ثابت کننده ستون فقرات را با دو دست بگیرد. در مرحله سوم، لیزر دستگاه فاصله سنج که نقطه هدف را نشان می داد، روی نقطه اول (زائده خاری مهره دوازدهم پشتی) که با ماژیک مشخص شده بود، تنظیم گردید. این عمل با دکمه قطع کن دستگاه انجام شد. در مرحله چهارم، دکمه استارت تعبیه شده روی میکرو کنترلر را فشار داده، دستگاه به طور خودکار از بالا تا پایین قوس کمر حرکت کرده و داده های مورد نظر را ثبت و در حافظه دستگاه ثبت کرد. برای متوقف کردن حرکت وقتی نور لیزر دستگاه روی زائده خاری مهره دوم خاجی که با ماژیک مشخص شده بود قرار گرفت از دکمه قطع کن استفاده شد، پس از قطع حرکت دستگاه، مختصات نقاط به دست آمده مورد نظر وارد برنامه روش پیشنهادی در رایانه شد. در مرحله پنجم با داشتن مختصات مربوطه، به دنبال تعریف بردار ویژگی که توصیف کننده موقعیت نسبی این مختصات در مقایسه با هم (به عبارتی توصیف کننده مقادیر انحناء مربوط به قوس کمری) برآمدیم. برای این منظور، مولفه های بردار ویژگی را زاویه های تشکیل شده از هر نقطه مجاور در نظر

تعیین پایایی و عینیت دستگاه از آزمون آلفای کرونباخ^۲ استفاده گردید. یافته ها: جدول شماره ۱ اطلاعات مربوط به گروه ۳۱ نفری که آزمون تعیین پایایی با روش پیشنهادی توسط سه آزمونگر روی آن ها انجام گرفته و گروه ۱۵ نفری که آزمون های ایکس-ری و پیشنهادی برای تعیین روایی روی آن ها انجام گرفته را نشان می دهد. جدول شماره ۲ میانگین خطا در پنج بار تطابق

یک آزمونگران در نوبت های یک تا سه ثبت و برای تعیین پایایی و عینیت دستگاه تحلیل شد. از برنامه های نرم افزاری SPSS نسخه ۱۶ و EXCEL نسخه ۲۰۰۷ برای تجزیه و تحلیل داده های خام، رسم نمودارها، جداول و آزمون فرضیه ها استفاده شد. برای تعیین رابطه بین داده های حاصل از هریک از روش ها (تعیین روایی)، ابتدا از نمودار پراکنش و سپس با توجه به توزیع داده ها، از ضریب همبستگی پیرسون^۱ استفاده شد. برای

جدول شماره ۱. توصیف آماری شاخص های جامعه شناختی دو گروه نمونه تحقیق

متغیرها	شاخص میانگین و انحراف استاندارد گروه ۳۱ نفری	شاخص میانگین و انحراف استاندارد گروه ۱۵ نفری
سن (سال)	۲۵.۲۳±۲.۷۹	۲۴.۴۷±۳.۰۵
وزن (کیلوگرم)	۷۲/۵۲±۷/۶۷	۷۶/۲۲±۸/۴۲
قد (سانتیمتر)	۱۷۷/۳۲±۳/۴۲	۱۷۲/۵۰±۸/۴۲

استاندارد خطا در ۵ بار مقایسه برابر $۱/۴۳ \pm ۰/۹۹$ میلی متر بدست آمد. نتایج دلالت بر سطح مناسبی از دقت برای دستگاه در سنجش فاصله افقی دارد.

دستگاه در سنجش فاصله افقی با لوله مدرج را نشان می دهد. همبستگی داده های حاصل از دستگاه در سنجش فاصله افقی با داده های واقعی در پنج بار تکرار، برابر یک بود. میانگین و انحراف

1. Pearson Correlation Coefficient

2. Cronbach's Alpha

جدول شماره ۲. میانگین خطا در ۵ بار تطابق دستگاه با معیار لوله مدرج در مرحله دقت سنجی جابجایی افقی

اختلاف هر نوبت آزمایش (میلی متر)					جابجایی به دست آمده از نقطه صفر دستگاه (میلی متر)					جابجایی معیار از نقطه صفر دستگاه (میلی متر)
					شماره آزمایش					
۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	
۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	-	-	۱	۱
۱	۲	۲	۰	۱	۳	۴	۰	۲	۱	۲
۱	۰	۲	۱	۰	۳	۴	۲	۳	۴	۲
....
۰	۳	۲	۲	۳	۴۵	۴۸	۴۳	۴۳	۴۲	۲۵
۲	۳	۱	-	۲	۵۷	۵۱	۵۴	۵۵	۵۰	۵۵
میانگین و انحراف استاندارد خطاها										
۱/۴۳ ± ۰/۹۹										

طبق جدول شماره ۳، همبستگی داده های حاصل و انحراف استاندارد خطا در ۵ بار مقایسه برابر از دستگاه در سنجش فاصله عمودی با داده های واقعی در ۵ بار تکرار برابر یک است. میانگین $۱/۰۹ ± ۰/۸۴$ میلی متر بدست آمد.

جدول شماره ۲. میانگین خطا در ۵ بار تطابق دستگاه با معیار صفحه مدرج در مرحله دقت سنجی جابجایی عمودی

اختلاف هر نوبت آزمایش (میلی متر)					جابجایی به دست آمده از نقطه صفر دستگاه (میلی متر)					جابجایی معیار از نقطه صفر دستگاه (میلی متر)
					شماره آزمایش					
۵	۴	۳	۲	۱	۵	۴	۳	۲	۱	
۰	۱	۱	-	۱	۱	۳	۰	۱	۰	۱
۱	۱	۰	۱	۱	۳	۳	۲	۱	۱	۲
۰	۱	۰	۱	۰	۴	۳	۴	۳	۴	۲
....
۲	۱	۰	۲	۱	۴۳	۴۴	۴۵	۴۷	۴۴	۴۵
۲	۳	۲	۱	۱	۵۳	۵۲	۵۷	۵۶	۵۶	۵۵
میانگین و انحراف استاندارد خطاها										
۱/۰۹ ± ۰/۸۴										

طبق جدول شماره ۴، همبستگی داده های و میانگین و انحراف استانداردهای خطا برابر حاصل از دستگاه با روش مثلثاتی برابر یک است $0.93 \pm 1/16$ درجه محاسبه شد.

جدول شماره ۴. داده های مربوط به محاسبه میانگین و انحراف استاندارد میزان اختلاف زاویه اندازه گیری شده و محاسباتی

اختلاف هر نوبت آزمایش (درجه)	زاویه به دست آمده از دستگاه درجه					نوبت آزمون معیار	زاویه معیار با روش مثلثاتی (درجه)				
	۵	۴	۳	۲	۱						
۰.۵۴	۰.۰۵	۰.۶۵	۰.۰۹	۰.۳۳	۷.۶۵	۸.۳۶	۷.۵۶	۸.۱۲	۸.۳۵	۸.۲۱	۱
۰.۰۲	۰.۱۷	۰.۰۶	۰.۱۹	۰.۵۴	۱.۰۱۷	۱.۰۰۲	۱.۰۱۵	۱.۰	۹.۶۵	۱۰.۱۹	۳
***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
۰.۹۹	۱/۱	۳.۲۲	۱/۱۲	۲.۴	۵۵.۰۹	۵۳	۵۷.۴۲	۵۵.۲۲	۵۶.۵	۵۴/۱۰	۱۸
۲	۱	۱	۱/۱۱	۱/۲۲	۵۴	۵۷	۵۷	۵۴.۲۹	۵۴.۷۸	۵۶	۱۹
۱.۸۸	۱.۵۱	۱.۹۳	۲.۴۳	۳.۱۹	۵۹.۵	۶۰.۴۲	۶۰	۵۹.۵	۵۸.۸۴	۶۱/۹۳	۲۰
میانگین و انحراف استاندارد خطاها											
$1/16 \pm 0.93$											

در جدول شماره ۵ ضریب عینیت سه آزمونگر در اندازه گیری زاویه قوس کمری با دستگاه محاسبه شده است. مقایسه نمرات فوق نشان می دهد که دقت دستگاه به اندازه ای بالاست که حتی استفاده از نمرات میانه از سه نوبت اندازه گیری، تفاوت مشهودی در پایایی دستگاه ایجاد نمی کند.

جدول شماره ۵. ضریب عینیت دستگاه در اندازه گیری زاویه قوس کمری

آزمون F با ارزش واقعی صفر		دامنه اطمینان ۹۵٪		آلفای گرونیاخ	اندازه زاویه قوس کمری
p	F	حد بالا	حد پایین		
۰/۰۰۰	۸۱/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۶	نوبت ۱
۰/۰۰۰	۹۸/۷۸	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۷	نوبت ۲
۰/۰۰۰	۶۵/۳۱	۰/۹۸	۰/۹۰	۰/۹۵	نوبت ۳
۰/۰۰۰	۱۱۰/۳۷	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۹۷	میانه سه نوبت

در جدول شماره ۶، پایایی سه نوبت اندازه زاویه قوس کمری با استفاده از دستگاه برای سه آزمونگر تحقیق آورده شده است. همان طور که ملاحظه می شود، برای هر سه آزمونگر ضریب پایایی دستگاه مشابه و در حد بسیار خوبی بالا است.

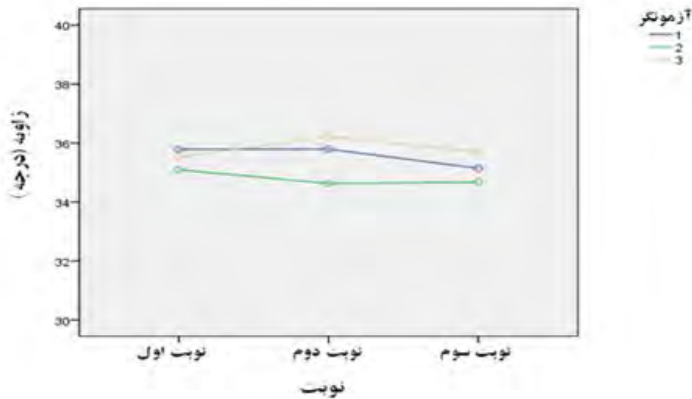
جدول شماره ۶. ضریب پایایی دستگاه در اندازه گیری زاویه قوس کمری

آزمون ۴ با ارزش واقعی صفر	دامنه اطمینان ۹۵٪		آغازی کرونیخ	آزمونگر	
	F	حد بالا			حد پایین
p=۰/۰۰۰	۱۳۲/۷۰	۰/۹۹	۰/۹۵	۰/۹۷	۱
p=۰/۰۰۰	۲۲۴/۵۰	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۸	۳
p=۰/۰۰۰	۱۶۷/۶۰	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۸	۳

جدول شماره ۷ نشان می دهد که اختلافات مشاهده شده برای عملکرد کلی هر یک از آزمونگران معنادار نیست ($p=۰/۱۱$ و $f_{(2,38)}=۲/۳۹$) و همچنین اختلافات مشاهده شده در هر نوبت کلی آزمون، نیز معنادار نیست ($p=۰/۳۳$ و $f_{(2,38)}$). تعامل آزمونگران و نوبت آزمون نیز غیر معنادار است ($p=۰/۲۰$ و $f_{(۴,۷۶)}=۱/۵۰$). برای بررسی بهتر تعامل، منحنی خطی آن در شکل شماره ۵ آمده است.

جدول شماره ۷. اختلافات مشاهده شده برای عملکرد کلی هر یک از آزمونگران در هر نوبت آزمون

p	F	میانگین مربعات	df	جمع مربعات	منبع تغییر
۰/۱۱	۲/۳۹	۱۹/۹۲	۲	۳۳/۸۴	آزمونگران
		۷/۳۲	۳۸	۲۷/۰۵	خطا
۰/۳۳	۱/۱۴	۲/۳۴	۲	۴/۶۷	نوبت آزمون
		۲/۰۶	۳۸	۷۸/۳۳	خطا
۰/۲۰	۱/۵۰	۲/۱۷	۴	۸/۶۹	آزمونگر * نوبت خطا



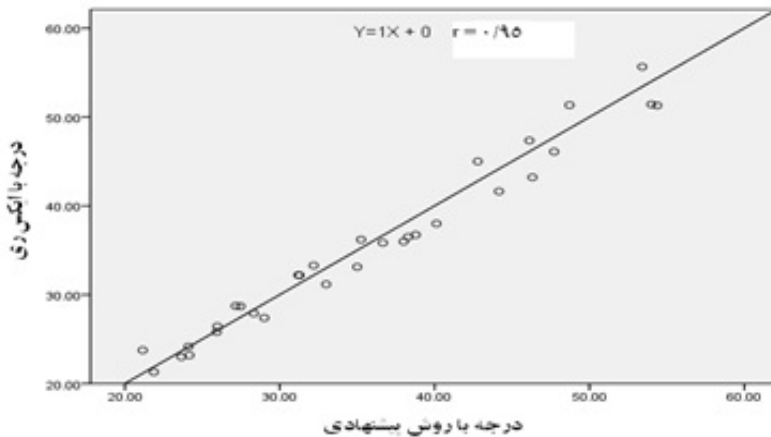
شکل شماره ۵. نمودار خطی تغییرات زاویه قوس کمری سه نوبت سه آزمونگر با دستگاه

با توجه به شکل شماره ۵، دو نوع تغییر درون آزمونگری و بین آزمونگری را می توان توضیح داد. تغییرات درون آزمونگری: همان طور که ملاحظه می شود برای هر یک از سه آزمونگر، نمرات ۳ نوبت آزمون تقریباً بر روی یک خط راست قرار دارد. این بدان معناست که هر سه آزمونگر توانسته اند کار با دستگاه را به صورت یکنواختی انجام دهند و تغییرات درون آزمونگری در حد نیم درجه و غیر معنادار بوده است. تغییرات بین آزمونگری: در نوبت های اول، دوم و سوم آزمون تغییرات بین آزمونگران به ترتیب حدود ۰/۵، ۱/۵ و ۱ درجه است.

است و در هر ۳ مورد غیر معنادار می باشد. در مجموع، هر سه آزمونگر توانسته اند به طور پایایی با دستگاه کار کرده و اندازه های مشابه یکدیگر تولید کنند. جدول شماره ۸ اطلاعات مربوط میزان همبستگی روش پیشنهادی با روش مرجع ایکس - ری را نشان می دهد. میزان همبستگی معنادار و در حد بالایی می باشد. شکل شماره ۶ نشان دهنده نمودار پراکنش روش پیشنهادی با روش مرجع ایکس - ری است. بررسی این منحنی حکایت از آن دارد که روش پیشنهادی عملکرد دقیقی داشته است.

جدول شماره ۸. نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون برای رابطه بین زوایای روش اشعه ایکس و روش پیشنهادی

روش ها	r ^۲ (میزان همبستگی)	سطح معناداری (دو دانه)
اشعه ایکس	۰۰۰/۹۵	۰/۰۰۱
روش پیشنهادی		



شکل شماره ۶. نمودار پراکنش قوس کمری ۳۱ نفری بر اساس اندازه گیری های به عمل آمده توسط روش ایکس ری و قوس سنج

بحث

معیار صفحه مدرج میلی متری برای آزمایش دقت در جابجایی ارتفاع، میزان میانگین خطای اندازه گیری در ۷۴ درصد موارد کمتر از ۱ میلی متر، در ۲۰ درصد موارد ۲ میلی متر، و در ۶ درصد ۳ میلی متر است. نتایج این تحلیل همچنین نشان داد که میانگین و انحراف استاندارد خطای اندازه گیری $1/09 \pm 0/84$ میلی متر است. به علاوه، نتایج تحقیق حاضر (جدول شماره ۴) نشان داد که در ارزیابی دستگاه با معیار مثلثاتی، میانگین و انحراف استاندارد خطای اندازه گیری $1/16 \pm 0/93$ درجه می باشد. البته باید توجه داشت که با ملاک های مکانیکی روی منبع خطا نمی توان اطمینان داشت. چون به هر جهت این چشم غیر مسلح است که باید عدد را از روی لوله مدرج بخواند و تغییر زاویه نگاه ممکن است به راحتی خواندن را متفاوت کند. محقق آموزش دیده بود که تمامی زوایا را با زاویه عمودی چشم بخواند. با این وجود،

ارزیابی های معمول برای سنجش دقت دستگاه های ساخته شده به این صورت است که چند اندازه گیری را یک بار با دستگاه ساخته شده و بار دیگر با دستگاه معیار، ارزیابی می کنند. سپس ضریب همبستگی و میانگین دو دستگاه را مقایسه می کنند. بر اساس تحلیل آماری انجام شده (جدول شماره ۲)، در ارزیابی دستگاه قوس سنج اولتراسوند با معیار لوله مدرج میلی متری برای آزمایش دقت در جابجایی افقی، میزان میانگین خطای اندازه گیری در ۵۶ درصد موارد کمتر از ۱ میلی متر، در ۲۵ درصد موارد ۲ میلی متر، و در ۱۸ درصد موارد ۳ میلی متر بدست آمد. نتایج این تحلیل همچنین نشان داد که میانگین و انحراف استاندارد خطای اندازه گیری $0/99 \pm 1/43$ میلی متر است. دیگر تحلیل آماری (جدول شماره ۳) انجام شده نشان از آن دارد که در ارزیابی دستگاه قوس سنج اولتراسوند با

نمی توان با اطمینان اعلام نمود که منبع خطاهای ملاحظه شده متعلق به دستگاه، زاویه دید چشم و خط کش در اندازه گیری طول و عمق قوس و یا همه آن ها باشد. به طور کلی، اطلاعات بدست آمده از این مرحله دلالت بر آن دارد که دقت و کارایی سخت افزاری و نرم افزاری دستگاه قابل قبول است. دیگر تحلیل آماری (جدول شماره ۵) نشان داد که عینیت در هر کدام از نوبت ها، حداقل ۰/۹۵؛ و بین میانه های آزمونگران ۰/۹۷ است. این نتایج نشان می دهد که همه این آزمونگران کار با دستگاه را خیلی زود فرا گرفته و کار با آن نیاز به آموزش خاصی ندارد. در نتیجه، عینیت روش پیشنهادی در حد بالا و قابل قبولی است. در تحقیق حاضر همچنین مشخص گردید (جدول شماره ۶) که پایایی برای هر یک از سه آزمونگر حداقل ۰/۹۷ است. این تحلیل ثابت کرد که نیاز به سه نوبت اندازه گیری از هر آزمودنی برای رسیدن به یک مقدار ثابت نیست و یک بار اندازه گیری کافی است. بنابراین، پایایی روش پیشنهادی در حد بالا و قابل قبول تلقی می شود. در دیگر تحلیل آماری (جدول شماره ۸)، بین روش های پیشنهادی با روش معیار ایکس - ری، میزان همبستگی ۰/۹۵ حاصل شد که نشان از روایی بالای روش پیشنهادی در اندازه گیری زاویه قوس کمر دارد.

نتیجه گیری

دلایل منطقی نتایج تحلیل های آماری فوق را می توان به دقت بالای دستگاه و استاندارد سازی شرایط آزمایش به طور خاص نسبت داد (استفاده از

ثابت کننده ستون فقرات در حین اندازه گیری ها). همچنین در روش پیشنهادی، بدن بیمار حین عمل اندازه گیری توسط آزمونگر لمس نمی شود و بسیاری از منابع خطا از بین می رود. انتظارات آزمونگر تأثیری در نتیجه نداشته و برای تعیین زاویه نیازی به حضور فیزیکی فرد متخصص نیست. دقت بالای روش پیشنهادی باعث می شود که بتوان با اطمینان بالایی از این روش در کنار سایر روش های غیر تهاجمی استفاده کرد. از این دستگاه می توان در سایر کلینیک های درمانی، مانند ورزش درمانی، برای تشخیص روند بهبود ناهنجاری قوس کمری بر اساس تشخیص زوایا استفاده کرد. همچنین در کلینیک های حرکات اصلاحی و آسیب های ورزشی این دستگاه می تواند جایگزین دستگاه پر هزینه اسپاینال ماوس شود. ضمناً دانشکده های تربیت بدنی می توانند با اختصاص هزینه بسیار کمتر، نسبت به دستگاه اسپاینال ماوس از این روش جدید بهره گیرند. البته محقق تحقیق های دیگر برای بهبود دستگاه ساخته شده و استفاده در سطح وسیع را لازم می داند. ضمناً دستگاه ساخته شده به عنوان اختراع در اداره ثبت اختراعات به ثبت رسیده است.

قدردانی و تشکر

از همکاری های بی دریغ آزمایشگاه و گروه تربیت بدنی دانشگاه اصفهان و بیرجند، آموزش و پرورش استان خراسان جنوبی، گروه الکترونیک دانشگاه اصفهان و بیرجند و از تمامی کسانی که این گروه را در رسیدن به هدف نهایی کمک نمودند تشکر و قدر دانی می نمایم.

منابع

1. Akbari, A., Ghiyasi, F., Habibinia, A., Khosravi Zarandi, H., et al., 2009. Comparison between two methods of clinical and radiographic measuring the angle of lumbar lordosis. *Journal of Ilam University of Medical Sciences*, vol. 16, no. 2, pp. 87.
2. Alizadeh, M., Gharakhanlou, R., Daneshmandi, H., 2009. *Corrective Exercise and Treatment*, Tehran, Jahad Publications.
3. Elyasi, Z., 2009. *Scoliosis and measurement methods for spine conditions*. vol. 2, pp. 9-16.
4. Heart, D.L., Rose, S.J., 1986. Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar curve. *Journal of Sports Physical Therapy*, vol. 8, no. 4, pp. 180-184.
5. Heuer, F., Schmidt, H., Klezl, Z., Claes, L., et al., 2007. Stepwise reduction of functional spinal structures increase range of motion and change lordosis angle. *Biomechanical Journal*, vol. 40, pp. 271-280.
6. Khalkhali, R., Parnianpur, F., Karimi, H., Mobini, S., et al., 2006. The validity and reliability of measurement of thoracic kyphosis using flexible ruler in postural hyperkiphotic patient. *World Applied Science Journal*, vol. 7, No. 6, pp. 60.
7. Letafatkar, K.H., Bakhsheshi, M., Ghorbani, S., 2010. *Corrective exercise and treatment methods*, Tehran, Jahad Publications, 1th Publication.
8. Rajabi, R., Latifi, S., 2009. *Kyphosis and lordosis norm variables for Iranian society in different ages*, Research project in Sport Science Research Center, Tehran, Iran.
9. Rajabi, R., Samadi, H., 2009. *Laboratory Guide Corrective Exercise*. Tehran University Publications, 1th Publication, Tehran.
10. Hwang, S.H., Kim, Y.E., Kim, Y.H., 2009. Measurement of lumbar lordosis using fluoroscopic image and reflective markers. *Journal of Medical Science*, vol. 12, no. 23, pp. 216-219.
11. Youdas, J.W., Hollman, J., Krause, D., 2006. The effects of gender, age, and body mass index on standing lumbar curvature in persons without current low back pain. *Physical Therapy Practical*, vol. 22, no. 5, pp. 229-237.
12. Yousefi, M., Mehrshad, N., Ilbegi, S., Piri, H., et al., 2011. Is reflective marker image processing a precise method to diagnose lumbar lordosis and thoracic kyphosis? *World Journal of Sport Sciences*, vol. 4, no. 4, pp. 416-422.
13. Zsidai, A., Kocsis, L., 2001. Ultrasound- based spinal column examination systems. *Physical Education and Sport*, vol. 1, no. 8, pp. 1-12.

Abstract

Determination of reliability and validity of ultrasonic wave arc detector device in measurement of lumbar lordosis angle

Hamed Arghavani¹ , Gholamali Ghasemi² , Vahid Zolaktaf³, Naser Mehrshad⁴

Background and Aim: As many experts believe that the importance of accuracy of measuring devices in the physical education results, especially in the measurement of the arc of the spine, the aim of the present study is to determine reliability and validity of ultrasonic wave arc detector device in measurement of lumbar lordosis angle compared with the golden standard X-Ray method. **Materials and Methods:** After making the device, lumbar lordosis angle of 31 participants were measured by three examiners three times in at least two hours intervals with the device for determining of its reliability lumbar lordosis angle of 15 participants were measured through radiographic and proposed techniques in order to measure the device validity. The participants were selected from available individuals, and volunteers' people of Birjand city. **Results:** Reliability of the first, second and third examiners were 0.97, 0.98 and 0.98 respectively and reliability between examiners periods were 0.96, 0.97 and 0.95 respectively, the significant correlation ($p \leq 0.05$) between the proposed method and the reference one was $r = 0.95$. **Conclusion:** the high reliability and validity of the proposed method can be due to the least interference of examiner in measurement process and use of high-precision engineering and computational methods. So this method can be used for measurement of lumbar lordosis angle along with other non-invasive methods can be used as stable and reliable method.

Keywords: Ultrasound, Flexible Ruler, Spinal Mouse, X-Ray, Lumbar Lordosis.

Journal of Practical Studies of Biosciences in Sport, vol. 1, no. 2, Fall & Winter, 2013/2014.

Received: May 18, 2013

Accepted: Aug 4, 2013

1. Corresponding Author: MSc in Physical Education, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran; Address: Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran, Email: hamed_arghavani1365@yahoo.com
2. Assistant Professor, Department of Pathology and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Pathology and Corrective Exercises, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
4. Associate Professor, Department of Electronic, Faculty of Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran.