

بررسی پایایی سیستم متشکل از عکس برداری دیجیتال، مارکرهای پوستی و آنالیز با نرم افزار AutoCAD در اندازه گیری زوایای مفصل زانو

فرشته پورکاظمی^۱، دکتر نسرین ناصری^۲، دکتر حسین باقری^۳، زهرا فخاری^۴

۱- کارشناس ارشد فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- استادیار گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- استاد گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴- مربی گروه فیزیوتراپی، دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

زمینه و هدف: در ارزیابی های فیزیوتراپی و ارتوپدی، یکی از ابزارهای مهم برای تعیین میزان پیشرفت بیمار، بررسی میزان تأثیر تکنیک های درمانی مختلف و همچنین تصمیم گیری در مورد انجام درمانهای بعدی، اندازه گیری زاویه مفصل می باشد. هدف این مطالعه بررسی پایایی اندازه گیری زاویه مفصل زانو با استفاده از سیستم متشکل از عکس برداری دیجیتال، مارکرهای پوستی و آنالیز با نرم افزار AutoCAD بود.

روش بررسی: در مرحله اول پایایی مارکرگذاری با سه فاصله زمانی کوتاه (۵ دقیقه)، متوسط (۲ روز) و بلند مدت (۲۰ روز) مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله دوم پایایی عکس برداری با دوربین دیجیتال از وضعیت مفصلی جهت اندازه گیری با AutoCAD، ابتدا طبق روش گفته شده بررسی شد. در مرحله سوم بررسی پایایی آنالیز زاویه با نرم افزار AutoCAD صورت گرفت.

یافته ها: در مرحله اول ICC در پایایی تکرار اندازه گیری های آزمونگر جهت انجام مارکرگذاری با فاصله زمانی کوتاه (۵ دقیقه)، متوسط (۲ روز) و بلند مدت (۲۰ روز) به ترتیب معادل ۰/۹۷، ۰/۹۴ و ۰/۷۳ شد. در مرحله دوم ICC در پایایی تکرار اندازه گیری های آزمونگر جهت انجام عکس برداری معادل ۰/۹۹ و در مرحله سوم ICC در پایایی تکرار اندازه گیری های آزمونگر جهت اندازه گیری زاویه با نرم افزار AutoCAD نیز معادل ۰/۹۹ به دست آمد.

نتیجه گیری: در این مطالعه مشاهده شد که سیستم معرفی شده دارای پایایی بالا بوده و جهت استفاده برای اندازه گیری زاویه مفصلی مناسب می باشد. **کلید واژه ها:** مفصل زانو، اندازه گیری زاویه مفصل، پایایی

(وصول مقاله: ۱۳۸۷/۹/۲۳، پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۱۱/۱)

مسئول مقاله: تهران - خیابان انقلاب - پیچ شمیران - دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران، گروه فیزیوتراپی

e-mail: naserins@sina.tums.ac.ir

به ندرت در مطالعات مربوط به پزشکی مورد استفاده قرار گرفته است. این نرم افزار همراه با کمک مارکرهای پوستی و عکس برداری (یا فیلم برداری) امکان اندازه گیری زاویه مفصلی را به ما می دهد. این روش اندازه گیری به صورت مثلثاتی بوده و بنابراین تنها خطای ممکن در این روش می تواند مربوط به توانایی آزمونگر جهت پیدا کردن مرکز هر مارکر بر روی صفحه مانیتور یا کامپیوتر باشد.

هدف این مطالعه بررسی پایایی اندازه گیری زاویه با استفاده از سیستم متشکل از فوتوگرافی دیجیتال، مارکر گذاری پوستی و آنالیز با AutoCAD بود.

روش بررسی

افراد مورد مطالعه ده فرد مونث و سالم با میانگین سنی ۲۴ سال (انحراف معیار ۲/۸۲)، میانگین قد ۱۶۴/۴۰ سانتی متر (انحراف معیار ۵/۵۴) و میانگین وزن ۵۹/۸۰ کیلوگرم (انحراف معیار ۱۱/۵۳) بودند که داوطلب شرکت در این مطالعه شدند. برای شرکت در این مطالعه این افراد باید دارای حداقل وضعیت فیزیکی نرمال (با توجه به سن آنها)، دامنه کامل حرکتی و بدون درد در مفصل زانو می بودند. زانوی راست این افراد تست شد. افراد شرکت کننده بعد از امضای برگه رضایت نامه وارد مطالعه می شدند. این مطالعه توسط کمیته اخلاقی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران مورد تایید قرار گرفت.

در ابتدا جهت انجام مارکر گذاری، هر فرد از یک شلوارک کوتاه ورزشی استفاده کرد و هیچگونه پوشش دیگری در اندام تحتانی خود نداشت. هر کدام از افراد بر روی یک تخت درمانی در حالت طاقباز و کاملاً راحت قرار گرفتند. ۴ عدد مارکر پوستی قرمز رنگ به شکل دایره و با قطر ۴ سانتیمتر به روش زیر در سمت خارجی اندام مورد تست در چهار نقطه چسبانده شد:

تروکانتر بزرگ لمس شد (در بعضی از افراد برای لمس بهتر، ران آنها در اداکسیون قرار داده شد)، سپس نوک تروکانتر بزرگ با متر لاستیکی به قسمت میانی خط مفصلی خارجی زانو وصل شد. مارکر اول در ۱/۴ فوقانی این خط، مارکر دوم در گردن فیولا و مارکر سوم در قسمت فوقانی مائلول خارجی چسبانده شد. سپس فرد در لبه تخت نشست و در وضعیتی که زانو تقریباً ۹۰ درجه خم بود، مارکر چهارم در قسمت فوقانی چین پوپلیته آل در محاذات لبه فوقانی پاتلا

اطلاعات پروپریوسپتو بر خاسته از گیرنده های مفصلی و عضلانی، نقشی کلیدی در جلوگیری و نیز درمان آسیب های مفصلی ناشی از فعالیت های روزمره یا ورزشی دارند. گسترش روز افزون مهارت های ورزشی و تخصص های مرتبط با ورزش، با پیشرفت سریع و رو به رشد در تحقیقات پایه و بالینی در این زمینه همراه شده است (۱). در ارزیابی های فیزیکی، یکی از ابزارهای مهم برای تعیین میزان پیشرفت بیمار، بررسی میزان تأثیر تکنیک های درمانی مختلف و همچنین تصمیم گیری در مورد انجام درمان های بعدی، اندازه گیری زاویه مفصل می باشد (۲). به علاوه، اندازه گیری زاویه مفصل در ارزیابی یکی از اجزای مهم حس پروپریوسپشن یعنی حس وضعیت مفصل (Joint Position Sense: JPS) نیز کاربرد دارد (۳-۸). مطالعات محدودی در زمینه اندازه گیری زاویه مفصلی با استفاده از ترکیب فیلم برداری یا عکس برداری (دیجیتال یا غیر دیجیتال) همراه با گونیامتری و مارکر گذاری صورت گرفته اند (۹-۱۵). عکس های غیر دیجیتال پر هزینه و وقت گیر می باشند. در فیلم برداری همراه با استفاده از گونیامتری و مارکر گذاری، آزمونگر اصلی با استفاده از مارکرهایی که بر روی نشانه های آناتومیکال اندام می گذارند از حرکت و زاویه مفصل عکس یا فیلم تهیه می کنند. سپس با گذاشتن نقاله لولایی یا گونیامتر بر روی نگاتیوها یا صفحه تلویزیون در زمانی که تصویر مورد نظر متوقف شده است زاویه را اندازه می گیرند. در مطالعات قبلی صحت این روش اندازه گیری مورد تایید قرار گرفته شده است (۱۳) ولی این گونه روش ها ممکن است به اندازه کافی دقیق و قابل اطمینان نباشند، چرا که خطاهای زیادی مانند موارد زیر می تواند در حین اندازه گیری رخ دهند:

- وسیله اندازه گیری زاویه ممکن است بر روی صفحه مانیتور یا تلویزیون بلغزد.

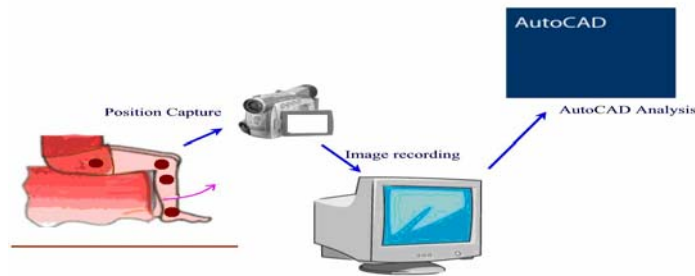
- ممکن است در صورتی که صفحه تلویزیون یا مانیتور مسطح نباشد، اندازه گیری زاویه به دلیل عدم تماس مناسب وسیله اندازه گیری با صفحه، صحیح نباشد.

- امکان دارد پیدا کردن مرکز مارکرها و محلی که وسیله اندازه گیری زاویه باید بر روی آن قرار گیرد مشکل باشد.

در روش اندازه گیری معرفی شده در مطالعه حاضر خطاهای کمتری وجود دارد. در این مطالعه سیستمی متشکل از مارکر گذاری پوستی، عکس برداری دیجیتال و نرم افزار Auto CAD مورد استفاده قرار گرفت و پایایی اندازه گیری زاویه بررسی شد (شکل شماره ۱). نرم افزار مهندسی Auto CAD

از دوربین فیلم برداری Canon MV750i با رزولاسیون ۸ مگاپیکسل جهت فوتوگرافی استفاده شد. دوربین در تمام مراحل مطالعه در فاصله ۱۸۵ سانتیمتری از تخت و ۶۵ سانتیمتری از سطح زمین به صورتی که لنز آن کاملاً در امتداد مرکز تخت باشد، بر روی سه پایه و عمود بر صفحه حرکتی زانو تراز شد.

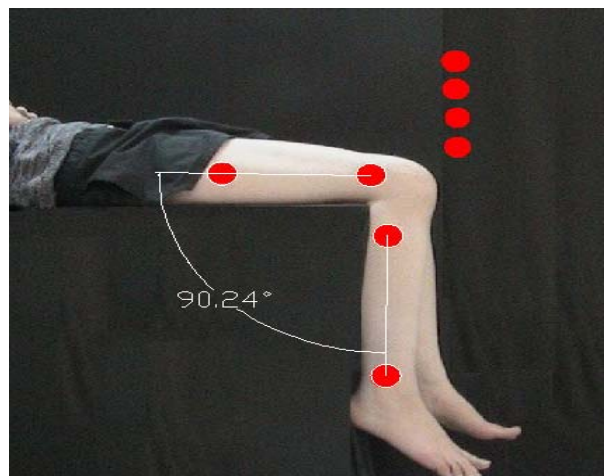
چسبانده شد. انتخاب محل مارکرها براساس مطالعات Lafortune و همکاران (۱۶)، Cappozzo و همکاران (۱۷)، Lamoreux (۱۸) و Tully و Stillman (۱۹) انجام شد. سپس هر فرد در حالیکه هر دو پایش از مفصل زانو از تخت آویزان بود نزدیک به لبه پائینی تخت درمان دراز کشید و با فشار دادن پاشنه پای راست خود به تخت آنرا در زاویه‌ای که برای همه افراد ثابت بود قرار داد.



شکل ۱- سیستم متشکل از مارک‌گذاری، عکس برداری با دوربین دیجیتال و آنالیز با نرم افزار AutoCAD

(تصویر شماره ۲). سپس بعد از دو روز و در مرحله بعد، پس از بیست روز مجدداً مارک‌گذاری انجام گرفت و از اندام بیمار در همان وضعیت ثابت عکس گرفته شد. عکس‌های اندام بیمار به کامپیوتر و سپس نرم افزار AutoCAD منتقل شد. به وسیله این نرم افزار، مرکز مارکرها مشخص شد و سپس مراکز دو مارکر متصل به ران و دو مارکر متصل به ساق پای فرد، به یکدیگر متصل شدند. زاویه ساخته شده توسط این دو خط در هر عکس اندازه‌گیری شد. در این قسمت از مطالعه چهار زاویه از اندام هر فرد به دست آمد تا جهت پایایی تکرار مارکر گذاری‌های یک آزمونگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

قسمت اول: در این قسمت از مطالعه پایایی مارکرگذاری در سه فاصله زمانی کوتاه (۵ دقیقه)، متوسط (۲ روز) و بلند مدت (۲۰ روز) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، پس از انجام مارکرگذاری به روش گفته شده، فرد روی تخت درمانی دراز کشیده و پای وی از لبه تخت به صورت آویزان قرار گرفت. از افراد خواسته شده بود تا در این وضعیت پاشنه پای خود را به پایه تخت فشار دهند تا در وضعیتی ثابت قرار گیرد، سپس از این وضعیت عکس گرفته شد. در حالی که جایگاه دوربین و وضعیت بیمار ثابت بود، مارکرها از روی پوست کنده شد و پس از ۵ دقیقه مجدداً مارکرگذاری انجام گرفت و در همان وضعیت ثابت عکس برداری انجام شد



شکل ۲- وضعیت مارکرگذاری و قرار گرفتن اندام افراد

همه اطلاعات به دست آمده توسط نرم افزار آماری SPSS (version 11.5) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آمار توصیفی جهت به دست آوردن میانگین و انحراف معیار متغیرهای کمی استفاده شد. سطح معنی داری $p \leq 0/05$ برای همه تستها در نظر گرفته شد. مقدار ICC (Intraclass Correlation Coefficient) برای تعیین پایایی هر کدام از اجزا این سیستم استفاده شد. همچنین از Pearson Product-Moment Correlation Coefficient یا r جهت پیدا کردن رابطه اطلاعات به دست آمده استفاده شد.

یافته‌ها

قسمت اول (پایایی مارکرگذاری در سه فاصله زمانی): از آنجایی که وضعیت اندام برای همه ثابت و معادل ۹۰ درجه بود، بنابراین میانگین (و انحراف معیار) زاویه های ساخته شده توسط اندام فرد در طی چهار بار اندازه گیری محاسبه شد. جدول ۱ شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به زوایای حاصل از چهار بار مارکرگذاری در زمان‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۱- شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به زوایای حاصل از چهار بار مارکرگذاری در زمان‌های مختلف

تکرار	شاخص‌ها	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداکثر	حداقل
اولین مارکرگذاری	۹۰/۷۳۱	۱/۰۴۰	۱/۰۸۳	۹۲/۲۶	۸۹/۲۳	
دومین مارکرگذاری	۹۰/۷۰۱	۱/۰۵۳	۱/۱۱۱	۹۲/۱۵	۸۹/۲۵	
سومین مارکرگذاری	۹۰/۸۶۷	۰/۷۹۹	۰/۶۳۸	۹۲/۱۰	۸۹/۶۳	
چهارمین مارکرگذاری	۹۱/۰۲۹	۲/۱۰۰	۲/۴۱۲	۹۳/۶۳	۸۷/۰۵	

ضریب همبستگی (r) در بین زوایای حاصل از مارکرگذاری در جلسات اول و دوم، اول و سوم و نیز اول و چهارم محاسبه شد که به ترتیب معادل $0/955$ ($p < 0/001$)، $0/927$ ($p < 0/001$) و $0/729$ ($p = 0/001$) به دست آمد. قسمت دوم (پایایی عکس برداری با دوربین دیجیتال): میانگین (انحراف معیار) برای زوایای به دست آمده از ۲ بار عکس برداری با دوربین عکاسی دیجیتال با فاصله زمانی ۱۰ دقیقه نیز در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

قسمت دوم: جهت بررسی پایایی عکس برداری با دوربین دیجیتال پس از انجام مارکرگذاری، زانوی افراد در همان دامنه ثابت و مشخص قرار گرفت و از این وضعیت عکس گرفته شد. سپس بدون تغییر در وضعیت مفصل و در حالیکه مارکرها همچنان بر روی پوست بودند، تنظیمات دوربین، ارتفاع و فاصله آن تغییر داده شد. پس از گذشت ۱۰ دقیقه تنظیمات و جایگاه آن به وضعیت قبلی باز گردانده شد و از وضعیت اندام عکس برداری مجدد صورت گرفت. این عکس‌ها نیز جهت بررسی های بعدی به کامپیوتر انتقال داده شد.

قسمت سوم: در آخرین مرحله، به منظور بررسی پایایی آنالیز زاویه با نرم افزار AutoCAD، روی اندام یکی از افراد مارکرگذاری صورت گرفت و از وی خواسته شد تا در هر دو وضعیت ایستاده و نشسته، ۱۰ زاویه (در مجموع ۲۰ زاویه) به طور دلخواه بسازد. از هر زاویه عکس گرفته شده و زوایای ساخته شده با استفاده از نرم افزار AutoCAD محاسبه شد. پس از گذشت یک هفته، مجدداً عکس‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و زوایای همان عکس‌ها توسط نرم افزار AutoCAD محاسبه شد تا اختلاف بین اندازه‌گیری اولیه و ثانویه با هم مقایسه شوند و پایایی محاسبه زوایا از طریق این نرم افزار بدست آید.

در بررسی پایایی مارکرگذاری در جلسات اول و دوم، $ICC_{2,1}$ برابر با $0/97$ بود ($p < 0/001$). همچنین در بررسی پایایی مارکرگذاری بین جلسات اول و سوم و نیز اول و چهارم، $ICC_{2,1}$ به ترتیب برابر با $0/94$ ($p = 0/001$) و $0/73$ ($p = 0/05$) بود. این نتایج نشان می‌دهند که پایایی مارکرگذاری در دو فاصله زمانی پنج دقیقه و دو روز بسیار بالا می‌باشد، در حالیکه در فاصله زمانی بلند مدت یا بیست روز پایایی مارکرگذاری متوسط است.

جدول ۲- شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به زوایای حاصل از دو بار عکس برداری با فاصله ۱۰ دقیقه (n=۱۰)

تکرار	شاخص‌ها	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداکثر	حداقل
اولین عکس برداری	۹۰/۱۵۲	۱/۰۰۴	۱/۰۰۹	۹۲/۰۷	۸۸/۷۳	
دومین عکس برداری	۹۰/۴۸۸	۱/۲۸۱	۱/۶۴۳	۹۲/۶۹	۸۸/۶۷	

قسمت سوم (پایایی محاسبه زوایا با نرم افزار AutoCAD میانگین (انحراف معیار) برای بیست زاویه ساخته شده توسط یکی از افراد شرکت کننده در آزمون، در هر دو وضعیت نشسته و ایستاده با فاصله زمانی ۷ روز در جدول ۳ آورده شده است.

با مقایسه این زوایای به دست آمده از دو بار عکس برداری، ICC_{2,1} برابر با ۰/۹۹ بود (P<۰/۰۰۰۱) که نشان دهنده پایایی بسیار بالا در عکس برداری با دوربین دیجیتال در زمانهای مختلف است. همچنین ضریب همبستگی (r) در بین زوایای حاصل از دو بار عکس برداری با دوربین دیجیتال معادل ۰/۸۳۶ (p<۰/۰۱) به دست آمد.

جدول شماره ۳: شاخص‌های مرکزی و پراکندگی حاصل از ۲ بار اندازه گیری ۲۰ زاویه مختلف (در هر گروه n= ۱۰)

وضعیت	شاخصها	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداکثر	حداقل
نشسته (n=۱۰)	اولین عکس	۱۳۱/۸۲۹	۱۸/۳۰۴	۳۳۵/۰۵۵	۱۵۷/۶۲	۹۹/۴۸
ایستاده (n=۱۰)	دومین عکس	۱۳۱/۸۲۸	۱۸/۲۳۵	۳۳۲/۵۴۳	۱۵۷/۹۸	۹۹/۷۳
	اولین عکس	۱۰۴/۵۸۱	۱۹/۷۷۱	۳۹۰/۸۹۸	۱۴۲/۵۳	۷۴/۶۴
	دومین عکس	۱۰۴/۶۸۲	۱۹/۵۱۲	۳۸۰/۷۱۹	۱۴۱/۷۹	۷۵/۰۳

در مطالعات انجام شده توسط Floey و همکاران (۲۱)، Kadaba و همکاران (۲۲)، Smith (۲۳) و Selfe (۲۴) نیز، پایایی تکرار مارکرگذاری های یک آزمونگر بالا بود.

از مزایای سیستم معرفی شده، قابل استفاده بودن این روش هم در مطالعات تحقیقاتی و هم در شرایط کلینیکی جهت ارزیابی حس وضعیت مفصلی می باشد. این سیستم در مقایسه با سیستم‌های دیگر متداول برای اندازه‌گیری زاویه و یا حس وضعیت مفصلی (مانند الکتروگونیا متری، دینامومتر ایزو کینتیک، آنالیز اتوماتیک کامپیوتری از تصاویر ویدئویی به صورت دو بعدی و سیستم آنالیز کینماتیکی) دارای مزایای زیادی می باشد که به موارد زیر می توان اشاره کرد:

- ۱- استفاده از این سیستم در کلینیک جهت ارزیابی بیماران ساده می باشد.
- ۲- این روش ارزان است.
- ۳- در وضعیت تحمل وزن هم قابل استفاده است.
- ۳- هیچ گونه محدودیتی در حرکت مفصل ایجاد نمی کند.
- ۴- فیدبک حسی اضافی و غیر طبیعی در عضو ایجاد نمی کند. لازم به ذکر است که در صورت رعایت نکات زیر، خطاهای ایجاد شده می توانند بسیار کمتر باشند:

۱. کنتراست رنگی بیشتر بین مارکرهای پوستی و پوست بیمار

محاسبه ICC_{2,1} نیز تایید کننده پایایی بسیار بالا در اندازه‌گیری زوایا با نرم افزار AutoCAD می باشد. در ۲ بار اندازه‌گیری ۱۰ زاویه مختلف در وضعیت نشسته، ICC_{2,1} برابر با ۰/۹۹۹۹ و در ۲ بار اندازه‌گیری ۱۰ زاویه مختلف در وضعیت ایستاده، ICC_{2,1} معادل ۰/۹۹۹۸ است (p<۰/۰۰۰۱). با استفاده از آزمون Pearson ضریب همبستگی (r) در بین دو بار محاسبه ۱۰ زاویه در هر دو حالت نشسته و ایستاده، معادل F=۱ (p<۰/۰۰۰۱) شد.

بحث

هدف از این مطالعه تعیین پایایی اندازه‌گیری زاویه مفصل زانو با استفاده از سیستمی متشکل از مارکرهای پوستی، عکس برداری دیجیتال و نرم افزار Auto CAD بود. بر اساس نتایج این مطالعه، سیستم معرفی شده دارای پایایی جهت اندازه‌گیری زاویه مفصل زانو می باشد. به غیر از پایایی متوسط در مارکرگذاری با فاصله ۲۰ روز از مارکرگذاری اولیه، پایایی مارکرگذاری با فاصله زمانی ۵ دقیقه و ۲ روز، عکس برداری دیجیتال با فاصله زمانی ده دقیقه و نیز محاسبه زاویه با نرم افزار Auto CAD بسیار بالا بود.

به طور کلی در این مطالعه مشاهده شد که سیستم معرفی شده متشکل از مارکرگذاری پوستی، عکس برداری دیجیتال و آنالیز با نرم افزار Auto CAD دارای پایایی بوده و جهت استفاده برای اندازه گیری زاویه مفصلی مناسب می باشد.

۲. کاهش انعکاس نور
 ۳. تنظیمات دقیقتر دوربین
 ۴. نگه داشتن مفصل زانو در صفحه حرکتی عمود بر لنز دوربین

REFERENCES

1. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor System measurement techniques. *J Athl Training*. 2002; 37(1):85-98.
2. Karkouti E, Marks R. Reliability of photographic range of motion measurement in a healthy sample: Knee and ankle joint measurement. *Physiother Can*. 1997; 49: 24-31.
3. Bouet V, Gahery Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neurosci Lett*. 2000; 289: 143-146.
4. Miura K, Yasuyuki I, Tsuda E, et al. The effect of focal and general fatigue on knee proprioception. *J Arthroscopic and Rel Surg*. 2004; 20: 414-418.
5. Kaminski TW, Gerlach TM. The effect of tape and neoprene ankle supports on ankle joint position sense. *Phys Ther in Sport* 2001; 2: 132-140.
6. Uchio Y, Ochi M, Fujihara A, et al. Cryotherapy influences joint laxity and position sense of healthy knee joint. *Arch phys Med Rehabil*. 2003; 84: 131-135.
7. Lattanzio PJ, Petrella RJ, Sproule JR, et al. Effects of fatigue on knee proprioception. *Clin J Sport Med*. 1997; 7: 22-27.
8. Baker V, Bennell K, Stillman BC, et al. Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Res*. 2002; 20: 208-214.
9. Barrack RL, Skinner HB, Brunet ME, et al. Functional performance of the knee after intra-articular anesthesia. *Am J Sport Med*. 1983; 11: 258-261.
10. Marks R. Further evidence of impaired position sense in knee osteoarthritis. *Physiother Res Int* .1996; 1: 127-136.
11. Marks R, Quinney HA. Position sense perception at the knee in healthy persons with chronic degenerative arthritis. *Clin Kinesiology*. 1997; 50: 76-82.
12. Mueller MJ, Norton BJ. Reliability of kinematic measurements of rear-foot motion. *Phys Ther*. 1992; 72: 731-737.
13. Jeng S, Schenkman M, Riley PO, et al. Reliability of clinical kinematic assessment of the sit to stand movement. *Phys Ther*. 1990; 70: 511-520.
14. Wheeler J, Woodward C, Ucovich RL, et al. Rising from a chair: Influence of age and chair design. *Phys Ther*. 1985; 65: 22-26.
15. Herrington L. Knee joint position sense: The relationship between open and closed kinetic chain tests. *J Sport Rehabil*. 2005; 14: 356-362.
16. Lafortune MA, Lambert C, Lake C. Skin marker displacement at the knee joint, proceeding of NACOBII, The Second North American Congress on Biomechanics; 1992 Aug 24-28; Chicago, NACOB; 1992. p. 101-2.
17. Cappozzo A, Catani F, Leardini A, et al. Position and orientation in space of bones during movement: Experimental artifacts. *Clin Biomech*. 1996; 11: 90-100.
18. Lamoreux LW. Coping with soft tissue movement in human motion analysis. In: Harris GF and Smith PA, Editors. *Human Motion Analysis: Current Applications and Future Directions*. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers; 1996. p. 43-70.
19. Tully E and Stillman B. A revised model for 2D kinematic analysis of supine hip and knee motion in the sagittal plane. *Proceedings of the 12th International Congress of the World Confederation*. Washington; 1995. p. 732.
20. Domholdt E. *Physical therapy research: principles and applications*. In: Domholdt E. *Analysis of relationships*. Philadelphia: W.B. Saunders Company 1993. 268-295
21. Foley CD, Quanbury AE, Steinke T. Kinematics of normal child locomotion: A statistical study based on TV data. *J Biomech*. 1979; 12: 1-6.
22. Kadaba MP, Ramakrishnan HK, Wootten ME, et al. Repeatability of kinematic, kinetic and electromyographic data in normal adult gait. *J Orthop Res*. 1989; 7: 849-860.
23. Smith A. Variability in human locomotion: Are repeat trials necessary? *Aust J Physiother*. 1993; 39: 115-123.
24. Selfe J. Validity and reliability of measurements taken by the peak 5 motion analysis system. *J Med Eng Tech*. 1998; 22: 220-225.

Reliability of a system consists of skin markers, digital photography, and AutoCAD software for measuring the knee angles

Pour Kazemi F¹, Naseri N^{2*}, Bagheri H³, Fakhari Z⁴

1- M.Sc of Physio Therapy of Tehran University of Medical Sciences

2- Assistant Professor of Tehran University of Medical Sciences

3- Full Professor of Tehran University of Medical Science

4- Lecturer of Tehran University of Medical Sciences

Abstract

Background and aim: In physical evaluations, measuring the joint angle is one of the most important outcomes to assess the patient's progress, the effectiveness of various treatment techniques and to delineate the need for future treatments. The aim of this study is to study the reliability of a system consists of skin markers, digital photography, and AutoCAD software for measuring the knee joint angles.

Materials and methods: In first section, reliability of markers placement was evaluated within three different intervals (five minutes, two days, and twenty days). At second section, reliability of digital photography was evaluated while position of the skin markers and subjects was the same. At the end, in third section, reliability of angle measurement by means of AutoCAD software was assessed.

Results: In first section, the ICC for test-retest reliability of markers placement between first and second sessions, first and third sessions, and also first and fourth sessions were 0.97, 0.94, and 0.73, respectively. In second section, the ICC for test-retest reliability of digital photography was 0.99 and in third section, the ICC for intra-rater reliability of angle measurement by means of AutoCAD software was 0.99 (p=0.05).

Conclusion: It was noted that the introduced system was highly reliable, so it could be utilized to measure the knee joint angles.

Keywords: knee joint, angle measurement, reliability

*Corresponding author:

Dr. Nasrin Naseri, Rehabilitation Faculty, Tehran University of Medical Sciences Tel: +98-21-77533939

E-mail: naserins@sina.tums.ac.ir

This research was supported by Tehran University of Medical Sciences (TUMS)