مقاله پژوهشی

بررسی میزان تکرارپذیری خطای کنترلی طی آزمون‌های ردگیری هدف در ناحیه تنه در صفحه گشتاوری فلکشن- اکستنشن و چرخش محوری در افراد سالم

ملیحه هادی‌زاده[۱]، احسان صداقت نژاد[۲]، دکتر سید جواد موسوی[۳]، دکتر سعید طالبیان[۴]، دکتر محمد پرنیان پور[۵]

۱- کارشناس ارشد فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- کارشناس ارشد بیومکانیک دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

۳- استادیار گروه آموزشی فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران،

۴- استاد گروه آموزشی فیزیوتراپی دانشکده توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

۵- استاد معین گروه آموزشی بیومکانیک دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

زمینه و هدف: کنترل دقیق حرکت از جمله عوامل متعدد مطرح شده در اجرای حرکتی ماهرانه است که ممکن است در اثر بیماری دچار آسیب شود. آزمون‌های ردگیری، اثرات درمان‌های طراحی شده برای بهبود کنترل حرکت را کمی کرده و از این‌رو به عنوان یک پروتکل ایده‌آل برای بهبود کنترل حرکتی مطرح شده‌اند. هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان تکرارپذیری خطای کنترلی طی آزمون‌های ردگیری هدف در ناحیه تنه در صفحه گشتاوری فلکشن، اکستنشن و چرخش محوری در افراد سالم می‌باشد.

روش بررسی: ۹ فرد سالم (۴ زن و ۵ مرد)، به صورت تصادفی آزمون‌های ردگیری هدف در ۱۲ جهت مختلف (زوایای ۰، ۳۰، ۶۰، ... و ۳۳۰ درجه)، در سطح ۰ تا ۸۰ درصد حداکثر تلاش ارادی را دو بار در وضعیت ایستاده مستقیم انجام دادند. در این آزمون‌ها، هدف به صورت دایره‌ای متحرک تعریف شده بود که روی یک خط مستقیم در جهت مشخص شده و با سرعت ۶ درصد حداکثر تلاش ارادی بر ثانیه حرکت می‌کرد. جهت فعالیت ایزومتریک تنه به صورت به هنگام و از طریق مانیتوری که مقابل شرکت‌کنندگان قرار داشت، به آن‌ها نشان داده شد. میزان کنترل پذیری تنه با اندازه گیری متوسط خطاهای کنترلی (قدر مطلق خطا از هدف (Absolute Value Error from the Target: AVET)، خطا از مسیر هدف (Error from the Target Path: ETP) و خطا از هدف در مسیر هدف (Error from the Target in the Target Path: ETTP)) طی هر آزمون برای هر شرکت‌کننده محاسبه گردید. تکرارپذیری نسبی (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) میزان خطای کنترلی در هر جهت تعیین شد. همچنین تکرارپذیری مطلق و کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که دامنه ICC برای متغیرهای AVET ، ETP و ETTP به ترتیب ۰/۹۹ – ۰/۸۱ ، ۰/۹۸ – ۰/۷۱ و ۰/۹۹ – ۰/۷ بود. همچنین دامنه خطای معیار اندازه‌گیری برای این متغیرها به ترتیب ۰/۰۱۳- ۰/۰۰۳، ۰/۰۰۹- ۰/۰۰۱ و ۰/۰۱۱- ۰/۰۰۳ و دامنه کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان برای AVET، ۰/۰۳۶- ۰/۰۰۸، برای ETP، ۰/۰۲۵- ۰/۰۰۳ و برای ETTP، ۰/۰۳- ۰/۰۰۸ گزارش شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تکرارپذیری بالا و بسیار بالای خطای کنترلی حین انجام آزمون‌های ردگیری هدف در ناحیه تنه در صفحه گشتاوری فلکشن، اکستنشن و چرخش محوری در افراد سالم می‌باشد. بنابراین این فعالیت می‌تواند به عنوان یک آزمون جهت بررسی کنترل‌پذیری تنه مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه ها: تکرار پذیری، آزمون های ردگیری هدف، خطای کنترلی فعالیت ایزومتریک تنه

(ارسال مقاله ۱۳۹۱/۱/۲۲، پذیرش مقاله ۱۳۹۲/۳/۱)

نویسنده مسئول: خیابان انقلاب، پیچ شمیران ، دانشکده ی توانبخشی دانشگاه علوم پزشکی تهران

Email:jmosavi@razi.tums.ac.ir

مقدمه

کنترل دقیق حرکت از جمله عوامل متعدد مطرح‌شده در اجرای حرکتی ماهرانه است که ممکن است در اثر بیماری دچار آسیب شود. آزمون‌های ردگیری هدف با کمی نمودن اثرات درمان‌های طراحی شده برای بهبود کنترل حرکت (۱) به عنوان یک روش مطلوب برای بهبود کنترل حرکت مطرح شده‌اند (۵- ۲). کارایی این روش به عنوان شاخصی از کنترل حرکتی در اوایل سال ۱۹۲۲ به اثبات رسید (۶) و طی جنگ جهانی دوم از این روش برای بهبود مهارت‌های تیراندازی افراد استفاده گردید (۷). روانشناسان و مربیان با بهره‌گیری از این آزمون‌ها، بسیاری از پیچیدگی‌های یادگیری حرکتی را توضیح داده‌اند (۱۱- ۸). دیگر محققان از مطالعات ردگیری جهت بررسی آسیب‌های کنترل حرکتی در افراد مبتلا به بیماری اسکلروز متعدد (۱۳-

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

۱۲)، پارکینسون (۱۶-۱۴)، آسیب مغزی (۳)، آتاکسی مخچه‌ای (۱۷، ۱۸) و نیز به عنوان یک روش درمانی در بیماران همی‌پلژیک (۱۹، ۲۰) استفاده کرده‌اند. به علاوه با استفاده از این آزمون‌ها، عملکردهای حسی- حرکتی (۲۱) و نیز کنترل نیروی گرفتن (grip) در اشخاص سالم (۲۲) مورد مطالعه قرار گرفته است.

کنترل حرکتی ادراکی که زوج درک- عمل (perception-action coupling) نیز نامیده می‌شود، تحت تأثیر بینایی، حس عمقی، یکپارچگی مرکزی، الگوبرداری زمانی و مکانیسم‌های فیدبکی اصلاحی شکل می‌گیرد (۲۳). علی‌رغم اینکه ارزیابی این نوع رفتارهای حرکتی در حیطه توانبخشی عصبی حائز اهمیت می‌باشد اما روش‌های مناسب برای اندازه‌گیری کمی و عینی آن‌ها ناشناخته باقی مانده است. این در حالی است که آزمون‌های ردگیری، اجزای مشترک در زوج درک- عمل و رفتارهای حرکتی عملکردی را درگیر می‌کنند. این اجزا شامل درک محدودیت‌های رفتاری و محیطی، برنامه‌ریزی و اجرای حرکتی و نیز کنترل اصلاحی عملکرد با فیدبک واضح می‌باشد. در آزمون‌های ردگیری، پارامترهای بیومکانیکی از قبیل حرکت مفصل، سرعت حرکت، نیازهای کینتیکی و شروع رفتار دوباره ایجاد می‌شود که امکان مقایسه کمی بین افراد و نیز بین گروه‌های مختلف بر اساس معیار مشابهی را فراهم می‌کند. به علاوه در این آزمون‌ها اطلاعات پیوسته‌ای به دست می‌آید که تغییرات اندک در کنترل حرکتی ادراکی (یعنی تغییر در سرعت، دقت، عمل متقابل و تغییر کنتیکی یا کینماتیکی) را به سهولت نشان می‌دهد در حالی که این تغییرات با استفاده از ارزیابی‌های بالینی در سطح معمولی تشخیص داده نمی‌شود (۲۴).

در سال ۱۹۸۸، Carey و همکاران، برای نخستین بار دو آزمون ردگیری دست در افراد سالم را اعتبارسنجی کردند. این آزمون‌ها برای اندازه‌گیری کنترل نیروی گرفتن (grip) و حرکت انگشت طراحی شده بود. آن‌ها گزارش کردند که آزمون‌های ردگیری، روشی منطقی و قابل اطمینان برای مطالعه‌ی عملکرد حرکتی کنترل‌شده هستند و پیشنهاد کردند برای اعتبارسنجی کامل این آزمون‌ها مطالعات بیشتری روی افراد مبتلا به آسیب‌های کنترل حرکتی انجام شود در ضمن روش‌های مشابهی نیز برای دیگر مفاصل توسعه یابد (۱). patten و همکاران، با مطالعه تکرارپذیری و حساسیت آزمون‌های ردگیری در مفصل آرنج تعدادی بیمار مبتلا به همی‌پارزی بعد از سکته، نشان دادند که این آزمون‌ها روش مناسبی برای اثبات اثرات مداخلات بالینی روی عملکرد حرکتی اندام فوقانی می‌باشد (۲۴).

اگرچه استفاده از آزمون‌های ردگیری در مفاصل اندام فوقانی و تحتانی موضوع جدیدی نیست اما به تازگی استفاده از این آزمون‌ها در ناحیه‌ی تنه مورد توجه قرار گرفته و مطالعات اندکی با استفاده از این روش به بررسی عملکرد عصبی عضلانی تنه پرداخته‌اند. بررسی این مطالعات نیز نشان می‌دهد که در تحقیقات انجام شده در ناحیه تنه با استفاده از آزمون‌های ردگیری هدف، تکرارپذیری خطا در روش نامبرده تاکنون گزارش نشده است. از طرفی با توجه به اینکه تفسیر نتایج آزمایشات بالینی به انتخاب روش اندازه‌گیری اولیه بستگی دارد و استفاده از روش اندازه‌گیری اولیه نیز به نوبه خود منوط به ویژگی‌های سنجش بالینی (clinimetric) شامل تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها و پاسخ‌دهی به تغییر فیزیولوژیکی است (۲۴)، لذا هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان تکرارپذیری خطای کنترلی طی آزمون‌های ردگیری هدف در ناحیه تنه در صفحه گشتاوری فلکشن، اکستنشن و چرخش محوری در افراد سالم می‌باشد.

روش بررسی

تعداد ۹ داوطلب (۵ مرد و ۴ زن) در محدوده سنی ۳۰-۲۰ به طور داوطلبانه، با رضایت کامل و آگاهی از نحوه انجام آزمون و اطمینان یافتن از ایمنی و بی خطر بودن آن در این مطالعه شرکت کردند. مشخصات دموگرافیک افراد مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

معیارهای ورود به مطالعه شامل موارد زیر بود: عدم ابتلا به هر نوع کمردرد در ۶ ماه قبل از مطالعه و عدم سابقه ابتلا به کمردرد در طول زندگی که بیش از سه روز طول کشیده باشد و فرد مجبور به مرخصی از کار و یا تحصیل و استراحت در منزل بیش از یک روز شده باشد.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک افراد مورد مطالعه

	سن (سال)	وزن (کیلوگرم)	قد (سانتی‌متر)	شاخص جرم بدن (کیلوگرم/ متر مربع)	سال‌های تحصیل
میانگین	۲۴/۹	۶۴/۲	۱۷۲/۱	۲۱/۶۵	۱۷/۷
انحراف معیار	۱/۱۷	۸/۲۳	۸/۸۱	۱/۸۹	۱/۱۲
دامنه	۲۳ -۲۶	۵۴ -۸۰	۱۶۰ -۱۸۵	۱۸/۲۵ -۲۴/۳۳	۱۶ -۱۹

آزمون‌ها توسط دستگاه سنجش سه محوره گشتاورهای کمری شریف (Sharif- LIST) موجود در آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه صنعتی شریف صورت پذیرفت. طراحی و اعتبارسنجی این دستگاه قبلاً توسط آذغانی و همکاران توضیح داده شده است (۲۷- ۲۵).

نحوه انجام آزمون به این صورت بود که ابتدا داوطلب به صورت ایستاده مستقیم داخل دستگاه قرار می‌گرفت و با بست‌های مناسب محکم می‌شد. سپس از وی خواسته می‌شد که به صورت تصادفی، در ۶ جهت (خم شدن به جلو، خم شدن به عقب، خم شدن جانبی به چپ و راست، چرخش به چپ و راست) و در هر جهت ۲ بار، حداکثر تلاش خود را به صورت تدریجی و بدون هیچ‌گونه فعالیت ناگهانی اعمال نماید. کلیه‌ی شرکت کنندگان جهت انجام حداکثر تلاش ارادی (Maximum Voluntary Exertion: MVE) علاوه بر تشویق گفتاری از طریق صفحه نمایشی که مقابلشان قرار داشت بازخورد بینایی نیز دریافت کردند. در صورتی که تفاوت بین حداکثر گشتاور تولیدی در دو انقباض بیشتر از ۱۰ درصد بود، آن فعالیت مجددا تکرار می‌شد. به منظور کاهش خستگی عضلانی پس از هر انقباض دو دقیقه استراحت در نظر گرفته شد.

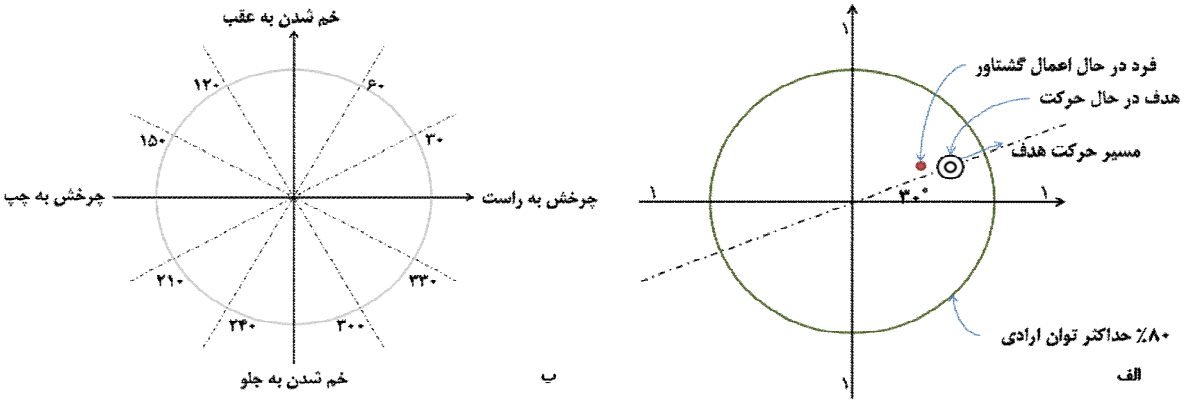
آزمون ردگیری هدف در این مطالعه به این صورت تعریف شد که از فرد خواسته می‌شد تا دایره هدف متحرک در صفحه گشتاوری را با بالاترین دقت ممکنه تعقیب و همواره تلاش کند خود را بر روی نقطه هدف نگه دارد. دایره هدف متحرک در هر آزمون بر روی یک خط راست از مبدأ تا سطح ۸۰ ٪ MVE/S فرد با سرعت مشخص شده حرکت می‌کرد. شعاع این دایره، ۵٪ اندازه فاصله نقطه هدف از مبدأ مختصات تعیین شد و به همین دلیل در سطح ۸۰ ٪ MVE/S اندازه این شعاع از سطوح پایین‌تر فعالیت بیشتر بود. گشتاور آنی (real time) ایجاد شده توسط فرد به شکل یک دایره قرمز کوچک بر روی صفحه کامپیوتر نمایش داده می‌شد. دایره قرمز کوچک با انجام انقباض ایزومتریک تنه بر روی صفحه نمایشگر حرکت می‌کرد؛ برای مثال با اعمال فعالیت ایزومتریک در جهت اکستنشن به سمت بالا و با چرخش به راست ایزومتریک به سمت راست حرکت می‌کرد.

در این مطالعه، جهت‌های مورد بررسی شامل ۰، ۳۰، ۶۰... ،۳۰۰، ۳۳۰ درجه نسبت به X+ بوده و دایره هدف نیز با سرعت ۶ ٪ MVE/S حرکت می‌کرد. به عنوان مثال برای حالت ۳۰ درجه، دایره هدف در ابتدا روی مبدأ مختصات قرار داشت و پس از شروع داده برداری بر روی خطی که با محور X+ زاویه‌ی ۳۰ درجه می‌ساخت شروع به حرکت می‌کرد. سرعت حرکت آن به نحوی بود که طول بردار مکان (اندازه پاره خطی که مبدأ مختصات را به نقطه هدف متصل می‌کند) در هر ثانیه، ۰/۰۶ افزایش پیدا می‌کرد، که با توجه به اینکه محورها نرمال شده هستند به معنی افزایش به مقدار ۶ ٪ MVE در آن جهت می‌باشد. در شکل ۱. الف جهت حرکت، گشتاور اعمال شده توسط فرد و سطح ۸۰ ٪ MVE/S نشان داده شده است. از فرد خواسته شد تا دایره قرمز رنگ (نشان‌دهنده گشتاور اعمالی توسط فرد) را درون دایره هدف و در حالت ایده آل بر روی نقطه هدف قرار دهد و همراه با آن حرکت کند. این کار تا رسیدن به دایره سبز رنگ (نشان دهنده سطح ۸۰ ٪ MVE/S) ادامه پیدا می‌کرد. در مجموع فرد ۲۴ آزمون ردگیری هدف را انجام می‌داد (۱۲جهت× ۲ بار).

۱۲ جهت در نظر گرفته شده در این آزمون به این صورت بود که اگر در یک دایره فرضی فلکشن و اکستنشن به ترتیب در زوایای ۲۷۰ و ۹۰ درجه و چرخش به راست و چپ به ترتیب در زوایای صفر و ۱۸۰ درجه باشند، دیگر جهت‌ها در زوایای ۳۰ درجه نسبت به صفحات ساژیتال و عرضی انجام شدند که شامل زوایای ۳۰ و ۶۰ درجه (اکستنشن – چرخش به راست)، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه (اکستنشن – چرخش به چپ)، ۲۱۰ و ۲۴۰ درجه (فلکشن – چرخش به چپ) ، ۳۱۰ و ۳۳۰ درجه (فلکشن – چرخش به راست) بودند(شکل ۱. ب). همچنین همه‌ی محورهای مختصات بر اساس میزان MVE ثبت شده در هنگام

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

انجام آزمون مربوطه بر مقادیر متناظر نرمال شده و در نتیجه بازه اعداد محورها، همگی بین صفر تا یک می‌باشد، که عدد یک به معنی MVE ۱۰۰ ٪ یا تمام توان فرد می‌باشد.



شکل ۱- آزمون ردگیری هدف. الف. هدف متحرک در جهت ۳۰° حرکت می‌کند. نقطه قرمز رنگ نشان دهنده گشتاور اعمالی توسط فرد و دایره بزرگ‌تر نشان دهنده سطح ۸۰ درصد حداکثر تلاش ارادی می‌باشد. ب. ۱۲ جهت در نظر گرفته شده در آزمون ردگیری هدف.

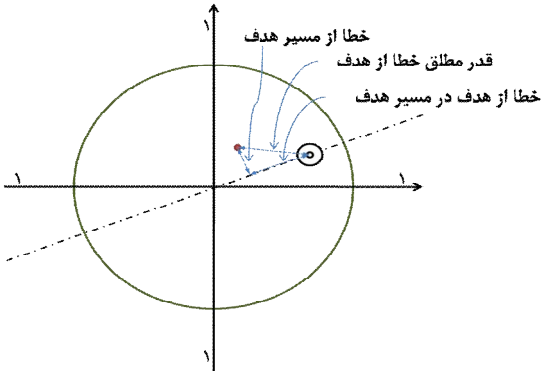
محاسبه خطای کنترلی

جهت مقایسه داده‌های بدست آمده از داوطلبین میزان خطاهای کنترلی برای هر آزمون طی زمان محاسبه شد. به این ترتیب مقادیر بالاتر خطاهای کنترلی، نشان‌دهنده خطای بیشتر عملکرد است که کنترل پذیری کمتر یا کاهش دقت تنه در انجام عملکرد دلخواه را بیان می‌کند.

در مجموع سه نوع خطا برای هر حالت محاسبه گردید که به شکل زیر تعریف می‌شوند:

- قدر مطلق خطا از هدف (Absolute Value Error from the Target: AVET): میزان فاصله هندسی نقطه معرف گشتاور اعمالی توسط داوطلب تا نقطه هدف (طول پاره خط وصل کننده این دو نقطه به یکدیگر).
- خطا از مسیر هدف (Error from the Target Path: ETP): فاصله نقطه معرف گشتاور اعمالی توسط داوطلب از خطی که نقطه هدف روی آن حرکت می‌کند (طول پاره خط وصل کننده نقطه و تقاطع خط عمود با خط مسیر هدف).
- خطا از هدف در مسیر هدف (Error from the Target in the Target Path: ETTP): طول تصویر پاره خط معرف قدر مطلق خطا از هدف بر روی خطی که نقطه هدف روی آن حرکت می‌کند.

چون محورها نرمال شده‌اند این خطاها بر حسب %MVE فرد محاسبه شده و بی بعد می‌باشند، به این ترتیب می‌توان خطاهای بدست آمده برای هر فرد را با افراد دیگر مقایسه کرد. در شکل ۲. پاره خطهای معرف خطاهای تعریف شده نشان داده شده است.



شکل۲- خطاهای تعریف شده بین گشتاور اعمالی توسط فرد (نقطه قرمز رنگ) و نقطه هدف.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

تجزیه و تحلیل آماری

قبل ازتجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده و به منظور ارزیابی میزان انطباق توزیع متغیرهای کمی با توزیع نرمال، از آزمون آماری K-S (kolmogorov-Smirnov) استفاده شد. سپس اطلاعات ثبت شده در جدول داده‌ها، وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ گردید. در ادامه تکرارپذیری نسبی (IntraClass Correlation Coefficient: ICC) میزان خطای کنترلی در هر جهت با فاصله اطمینان ۹۵٪ ارزیابی شده و برای تفسیر نتایج (۲،۱) ICC از طبقه‌بندی مونرو استفاده گردید که به صورت زیر می‌باشد: ۰/۰۰ تا ۰/۲۵ نشاندهنده ارتباط جزئی، ۰/۲۶ تا ۰/۴۹ ارتباط کم، ۰/۵ تا ۰/۶۹ ارتباط متوسط، ۰/۷ تا ۰/۸۹ ارتباط بالا و ۰/۹ تا ۱/۰۰ ارتباط بسیار بالا است. همچنین خطای معیار اندازه‌گیری (Standard Error of Measurement: SEM) به عنوان شاخصی برای تکرارپذیری مطلق و کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان (Minimal Detected Change: MDC_{95}) با فرمول زیر محاسبه شد.

$$SEM = \sqrt{(1- ICC)} \times SD$$

$$MDC_{95} = 1/96 \times \sqrt{2} \times SEM$$

اسمیرنوف نشان داده شده است. مقادیر P (تمام موارد بالای ۰/۰۵) این آزمون، انطباق مناسب توزیع متغیرهای مورد مطالعه با توزیع نظری نرمال و امکان استفاده از آزمونهای پارامتریک جهت تجزیه و تحلیل متغیرها را نشان داد.

اطلاعات مربوط به تکرارپذیری نسبی داده‌ها (ICC)، خطای معیار اندازه‌گیری و کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان (MDC_{95}) در ۱۲ جهت مختلف در جدول شماره ۳ آمده است.

با توجه به جدول ۲، دامنه ICC برای AVET ، ۰/۹۹ – ۰/۸۱، دامنه خطای معیار اندازه‌گیری، ۰/۰۱۳– ۰/۰۰۳و دامنه کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان ۰/۰۳۶– ۰/۰۰۸ به دست آمده است. دامنه ICC به دست آمده از اندازه‌گیری ETP ، ۰/۹۸ – ۰/۷۱، دامنه خطای معیار اندازه‌گیری، ۰/۰۰۹– ۰/۰۰۱ و دامنه کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان، ۰/۰۲۵– ۰/۰۰۳ نشان داده شده است. همچنین دامنه ICC برای ETTP ، ۰/۹۹ – ۰/۷، دامنه خطای معیار اندازه‌گیری، ۰/۰۱۱– ۰/۰۰۳ و دامنه کم‌ترین تغییر قابل تشخیص با ۹۵ درصد اطمینان ۰/۰۳– ۰/۰۰۸ به دست آمده است.

یافته‌ها

در جدول ۲ نتایج آزمون آماری کلوموگروف–

جدول ۲– نتایج آزمون کلوموگروف– اسمیرنوف برای همگن بودن داده‌ها

جهت	سطح معنی‌داری در اندازه‌گیری اول			سطح معنی‌داری در اندازه‌گیری دوم		
	قدر مطلق خطا از هدف	خطا از مسیر هدف	خطا از هدف در مسیر هدف	قدر مطلق خطا از هدف	خطا از مسیر هدف	خطا از هدف در مسیر هدف
۰	۰/۳۹	۰/۸۲	۰/۷۴	۰/۶۶	۰/۴۷	۰/۹۸
۳۰	۰/۷۷	۰/۴۱	۰/۸۴	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۸
۶۰	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۰۸
۹۰	۰/۴۸	۰/۹۱	۰/۲	۰/۱۲	۰/۹۷	۰/۰۸
۱۲۰	۰/۲۵	۰/۸۴	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۶۶	۰/۲۳
۱۵۰	۰/۲۸	۰/۱۱	۰/۲۴	۰/۶۵	۰/۳۸	۰/۸۷
۱۸۰	۰/۶۹	۰/۲۹	۰/۷۶	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۷
۲۱۰	۰/۵۸	۰/۱۴	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۴
۲۴۰	۰/۵۱	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۶۹	۰/۱۳
۲۷۰	۰/۲۸	۰/۹۷	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۹۶	۰/۴۲
۳۰۰	۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۶۱	۰/۳	۰/۴۷	۰/۲۹
۳۳۰	۰/۴	۰/۱۳	۰/۷۸	۰/۶۸	۰/۳۶	۰/۶۴

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۳- نتایج آزمون‌های تکرارپذیری برای خطاهای کنترلی در ۱۲ جهت مختلف

جهت	قدر مطلق خطا از هدف			خطا از مسیر هدف			خطا از هدف در مسیر هدف		
	ICC	SEM	MDC_{95}	ICC	SEM	MDC_{95}	ICC	SEM	MDC_{95}
۰	۰/۸۶	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۸۲	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۷۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴
۳۰	۰/۸۸	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹	۰/۹۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۷	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴
۶۰	۰/۹۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۹۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	۰/۹۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸
۹۰	۰/۹۴	۰/۰۱	۰/۰۲۸	۰/۷۳	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴	۰/۹۶	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲
۱۲۰	۰/۹۲	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲	۰/۹۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۹۲	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲
۱۵۰	۰/۹۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۸۹	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹	۰/۷۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱۴
۱۸۰	۰/۸۳	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۷۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۷۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸
۲۱۰	۰/۹۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹	۰/۹۱	۰/۰۰۹	۰/۰۲۵	۰/۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۸
۲۴۰	۰/۹۷	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲	۰/۹۶	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۹۷	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹
۲۷۰	۰/۹۷	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲	۰/۷۴	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱	۰/۹۷	۰/۰۰۸	۰/۰۲۲
۳۰۰	۰/۹۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۹۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۹۷	۰/۰۰۴	۰/۰۱۱
۳۳۰	۰/۸۱	۰/۰۱۳	۰/۰۳۶	۰/۸۷	۰/۰۰۷	۰/۰۱۹	۰/۷	۰/۰۱۱	۰/۰۳

SEM: Standard Error of Measurement
MDC_{95}: Minimal Detected Change
ICC: Intraclass Correlation Coefficient

بحث

قبل از به کارگیری هر روش و سیستمی در مطالعات کلینیکی و بالینی لازم است که دقت و پایایی آن اثبات شود. در ارتباط با بررسی تکرارپذیری خطای کنترلی حین آزمون‌های ردگیری مطالعات اندکی صورت گرفته که محدود به اندام فوقانی می‌باشد و در مرور ادبیات صورت گرفته در ناحیه تنه مطالعه‌ای یافت نشد.

در مطالعه Cary و همکاران، ICC قابل قبولی در آزمون‌های ردگیری در ناحیه دست گزارش شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این آزمون‌ها علاوه بر تکرارپذیری، به تغییرات کوچک در کنترل نیرو و کنترل حرکت مفصل نیز حساس هستند. محققان بر این باورند که آزمون‌های ردگیری در اثبات اثرات درمان اعمال شده بر روی دست بسیار مفید هستند (۱). Patten و همکاران در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۰۳ به بررسی تکرارپذیری آزمون‌های ردگیری اندام فوقانی، در ارزیابی کنترل حرکتی در میانسالان مبتلا به همی‌پارزی پرداختند. در این مطالعه دامنه تکرارپذیری نسبی از ضعیف تا خوب و دامنه تکرارپذیری مطلق بین ۱۹ تا ۳۶ درصد گزارش شد. آن‌ها نتیجه گرفتند که آزمون‌های ردگیری برای اثبات اثرات مداخلات بالینی روی عملکرد حرکتی اندام فوقانی مناسب هستند (۲۴).

در مطالعه حاضر، پارامترهای بیومکانیکی در یک جلسه دو بار اندازه‌گیری شد. همانطور که در نتایج نشان داده شده است متغیرهای AVET ، ETP و ETTP در حین انجام فعالیت ردگیری در جهات مختلف از تکرارپذیری بالا تا بسیار بالایی برخوردار هستند. بنابراین شاید بتوان گفت این فعالیت می‌تواند به عنوان یک آزمون جهت بررسی کنترل‌پذیری تنه مورد استفاده قرار گیرد.

یکی از محدودیت‌های مطالعه حاضر این بود که آزمون‌های MVE فقط در ۶ جهت خالص صورت پذیرفته است و MVE در جهت‌های ترکیبی بررسی نشده‌اند. با توجه به اینکه توانائی و ظرفیت تولید گشتاور تنه در حالت ترکیبی نسبت به جهت‌های خالص متناظر بطور محسوسی کاهش می‌یابد (۲۸)، لذا انتظار داشتیم هنگام انجام آزمون‌های مربوط به جهات ترکیبی بیش از توان نمایش داده شده از فرد نیرو درخواست شود که این امر موجب اعمال مقداری فشار به فرد در هنگام انجام آن آزمون‌ها می‌شد بنابراین برای جلوگیری از آسیب و فشار بیش از حد به شرکت‌کننده‌ها، آزمون‌های ردگیری تا سطح ۸۰٪ حداکثر توان ارادی فرد انجام شد. از دیگر محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به تعداد کم نمونه‌های مورد بررسی اشاره نمود. لذا نویسندگان پیشنهاد می‌کنند مطالعات بیشتری با روش مشابه و در گروه‌های بزرگتری صورت پذیرد.

تغییرات کنترل حرکتی در بیماری‌های اسکلتی- عضلانی مختلفی از جمله کمردرد ثابت شده است (۲۹). بسیاری

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

از این تغییرات بعد از برطرف شدن علائم باقی می‌مانند و احتمالا منجر به عود مجدد و مزمن شدن کمردرد می‌شوند (۳۰). از این رو بررسی تکرارپذیری آزمون‌های ردگیری در افراد با آسیب عملکرد حرکتی و نیز افراد مبتلا به انواع مختلف کمردرد در مطالعات آینده ضروری به نظر می‌رسد.

قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه تحت عنوان "بررسی کنترل‌پذیری و الگوی فعالیت عضلات تنه طی تست‌های ردگیری هدف در جهات مختلف در افراد سالم و بیماران مبتلا به کمردرد مزمن " در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۹۱-۱۳۹۰ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران و دانشگاه صنعتی شریف اجرا شده است. بدین وسیله از پرسنل محترم آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه صنعتی شریف و همچنین افرادی که با شرکت داوطلبانه خود در این تحقیق موجبات انجام این پژوهش را فراهم آوردند سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

1. Carey JR, Patterson R, Hollenstein PJ. Sensitivity and reliability of force tracking and joint-movement tracking scores in healthy subjects: Phys Ther 1988; 68: 1087–1091.
2. Cross KD. Role of practice in perceptual-motor learning. Am J Phys Med 1967; 46:487-510
3. Jones RD, Donaldson IM. Measurement of integrated sensory-motor function following brain damage by a computerized preview tracking task. Int Rehabil Med 1981; 3:71-83
4. Schmidt RA. Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis. 3 ed: Human Kinetics 1999; 286- 321
5. Potvin AR, Tourtellotte WW. Quantitative Examination of Neurologic Functions. Franklin Book Company1985: 1, 2
6. Koerth WA. A pursuit apparatus. Eye-hand coordination. Psychological Monographs 1992; 31:288-292
7. Kelley CR. The measurement of tracking proficiency. The Journal of the Human Factors 1969; 11 (1): 43- 64
8. Eason RG, White CT. Relationship between muscular tension and performance during rotary pursuit: Percept Mot Skills 1960; 10:199-210
9. Frith CD. Learning rhythmic hand movements. Q J Exp Psychol 1973;(25):253-259
10. Abrams ML, Grice JK. Effects of practice and positional variables in acquisition of complex psychomotor skill. Percept Mot Skills 1976; 43:203-211
11. Hogan SJ, Wilkerson HR, Noble CE. Pursuit tracking skill as a joint function of work and rest variables. Percept Mot Skills 1980; 50:683-697
12. Henderson WG, Tourtellotte WW, Potvin AR. Training examiners to administer a quantitative neurological examination for a multicenter clinical trial. Arch Phys Med Rehabil 1975; 56:289-295
13. Potvin AR, Tourtellotte WW. The neurological examination: Advancements in its quantification. Arch Phys Med Rehabil 1975; 56:425-437
14. Flowers KA. Visual "closed-loop" and "open-loop" characteristics of voluntary movement in patients with Parkinsonism and intention tremor. Brain 1976; 99:269-310
15. Flowers KA. Some frequency response characteristics of Parkinsonism on pursuit tracking. Brain 1978; 101:19-34
16. Vaillancourt DE, Slifkin AB, Newell KM. Visual control of isometric forces in Parkinson's disease, Neuropsychologia 2001; 39:1410–1418.
17. Beppu H, Suda M, Tanaka R. Slow visuomotor tracking in normal man and in patients with cerebellar ataxia. Adv Neurol 1983; 39:889-895
18. Beppu H, Suda M, Tanaka R. Analysis of cerebellar motor disorders by visually guided elbow tracking movement. Brain 1984; 107:787-809
19. DeSouza LH, Hewer RL, Lynn PA, et al. Assessment of recovery of arm control in hemiplegic stroke patients: Comparison of arm function tests and pursuit tracking in relation to clinical recovery. Int Rehabil Med 1980; 2:10-16
20. Kriz G, Hermsdorfer J, Marquardt C, Mai N. Feedback-based training of grip force control in patients with brain damage. Arch Phys Med Rehabil 1995; 76 :653–659.
21. Sharp WE, Newell K.M. Coordination of grip configurations as a function of force output. J Mot Behav 2000; 32:73-82.
22. Kurillo G, Bajd G, Mihelj M. Force tracking in two oppositional grips. In: Hutten, H, Krösl, P (Eds.), Proceedings of hend European Medical and Biological Engineering Conference EMBEC'02. Druckerei Agath, Vienna 2002; 1712-1713.
23. Turvey MT. Coordination. Am Psycol 1990; 45(8): 938- 53
24. Patten C, Kothari D, Whitney j, Lum PS. Reliability and responsiveness of elbow trajectory tracking in chronic poststroke hemiparesis. J Rehabil Res Dev 2003; 40(6): 487-500.
25. Azghani MR, Farahmand F, Meghdari A, Vossoughi G, Parnianpour M. Design and evaluation of a novel triaxial isometric trunk muscle strength measurement system. Proc Inst Mech Eng H 2009; 223: 1-12

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

26. Azghani MR, Farahmand F, Meghdari A, Vossoughi G Khamse J, Hakkak F, Parnianpour M. A new apparatus for triaxial measurement of lumbar moments in isometric mode. J Biomech 2007; 40 (2): 155
27. Azghani MR, Farahmand F, Meghdari A, Hakkak F, Parnianpour M. Conceptual design of an apparatus for tri-axial measurement of lumbar torques in isometric mode (in Persian). Amirkabir Journal of Science and Technology 2010;42(1):45-53.
28. Mousavi SJ, Olyaei GR, Talebian S, Sanjari MA, Parnianpour M. The effect of angle and level of exertion on trunk neuromuscular performance during multidirectional isometric activities. Spine 2009; 34(5):170-7.
29. Hodges PW, Richardson CA. In efficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transverses abdominis. Spine 1996; 21: 2640-50.
30. Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. J Electromyogr Kinesio 2003; 13: 361-70.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]

Research Article

Reliability of the control error during target tracking tasks in trunk region in sagittal transverse torque plane in asymptomatic subjects

Hadizadeh M[1], Sedaghat Nejad E[2], Mousavi J[3*], Talebian S[4], Parnian pour M[5]

1. M.Sc of Physical Therapy of Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. M.Sc of Biomechanics, Sharif Technical University, Tehran, Iran.
3. Assistant Professor of Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. Professor of Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
5. Professor of Biomechanics, Sharif Technical University, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Aim: Accurate control of movement is one of the multiple components in skillful motor performance that can be impaired by disease. Trackingtests quantify the effects oftreatments designed toimprovecontrol of movement and they are considered as anideal protocol forimproving motor control. The purpose of the present study was to examine reliability of the control error during target tracking tasks in trunk region in sagittal transverse torque plane in healthy subjects.

Materials and Methods: Nine healthy subjects (4 females and 5 males) randomly performed target tracking tasks at levels of 0% to 80% Maximum Voluntary Exertions (MVE) and twelve different directions (0˚, 30˚, 60˚, …, 330˚) twice in upright standing posture. In this study, the tracking system included a moving target circle, which moved on a straight line in specific direction from 0 to 80% of individual MVE with speed of 6% MVE/S.The direction of isometric trunk exertion was presented to participants in the online visual feedback by a computer monitor positioned in front of them. Trunk controllability was determined by computing the control errors (Absolute Value Error from the Target [AVET], Error from the Target Path [ETP] *and E*rror from the Target in the Target Path [ETTP]) during each performance. Relative reliability (Intra-class Correlation Coefficient [ICC]) of the control error in each direction was determined. Also absolute reliability (Standard Error of Measurement [SEM]) and Minimal Detected Change (MDC_{95}) were computed.

Results: The results have shown that ICC for AVET, ETP and ETTP ranged from 0.81 to 0.99, 0.71 to 0.98 and 0.7 to 0.99, respectively. Also SEM for these variables ranged between 0.003- 0.013, 0.001- 0.009 and 0.003- 0.011, respectively and finally MDC_{95} ranged between 0.008 to 0.036 for AVET, 0.003 to 0.025 for ETP and 0.008 to 0.03 for ETTP.

Conclusion: The study showed high and very high reliability for control error measures during target tracking tasks in sagittal transverse torque plane in asymptomatic subjects. Therefore this performance may be used as a test in trunk controllability assessment.

Keywords: Reliability, Target tracking tests, Control error, Isometric trunk exertion

***Corresponding author:** Seyed Javad Mousavi, Rehabilitation Faculty, Tehran University of Medical Sciences.
Email: jmosavi@razi.tums.ac.ir

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

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2026-06-22]