

اثر خستگی موضعی اندام فوقانی بر شاخص‌های عملکرد تیراندازان ماهر و مبتدی: تقابل محدودیت‌های فردی و تکلیفی

کامران شاهدوست^۱؛ سعید ارشم^۲

چکیده

مقدمه و هدف: از جمله عواملی که به صورت بالقوه بر میزان لرزش پاسچری و عملکرد تکالیف هدف‌گیری اثر می‌گذارد خستگی است. تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر خستگی موضعی اندام فوقانی بر شاخص‌های عملکرد تیراندازان ماهر و مبتدی به‌عنوان تابعی از مکانیسم‌های اهداف فوق پاسچری و خودکاری حرکت انجام شد.

روش‌شناسی: عملکرد و میزان تغییرپذیری نوسانات پاسچری دو گروه تیراندازان مبتدی ($23,33 \pm 2,40$ سال) و تیراندازان ماهر ($3,38$ $24,60 \pm$ سال) طی دو کوشش 60 ثانیه‌ای قبل و پس از اعمال خستگی ایزوتونیک با شدت‌های 40% - 60% - 70% - 80% MVIC مورد مقایسه قرار گرفت. عملکرد تیراندازی براساس شاخص‌های سنجش خطا در موقعیت‌های دو بعدی (خطای منشعب، خطای شعاعی مرکز هدف و خطای دومتغیره) تجزیه و تحلیل شد. از روش تجزیه و تحلیل کمی بازپیدایی (RQA) برای مقایسه ساختار پویای غیرخطی نوسانات پاسچری شرکت‌کنندگان و از پارامتر میانه حوزه فرکانس داده‌های EMG و مقیاس ادراک خستگی بورگ به‌عنوان شاخص خستگی استفاده گردید. برای تعیین اثر شدت‌های خستگی بر شاخص‌های عملکردی و متغیرهای تغییرپذیری دو گروه از تحلیل واریانس با اندازه‌های مکرر استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش شدت خستگی عملکرد تیراندازان مبتدی به طور معنی‌داری تغییر یافت ($P < 0,05$) درحالی‌که عملکرد تیراندازان ماهر همسان و ثابت بود ($p > 0,05$). تجزیه و تحلیل اجرای تکلیف تیراندازی در شرایط اعمال خستگی موضعی نمایانگر کاهش معنی‌دار میانگین مؤلفه‌های تغییرپذیری نوسانات پاسچری تیراندازان ماهر در دو محور قدامی - خلفی و میانی - جانبی بود. **نتیجه‌گیری:** تکالیف فوق پاسچری با کانون توجه بیرونی دارای اثر قدرتمندی بر عملکرد هستند و می‌توانند اثرات محدودیت‌های فردی را در تیراندازان ماهر به حداقل برسانند.

واژه‌های کلیدی: خستگی، دقت عملکرد، تکلیف تیراندازی، نوسانات پاسچری، تغییرپذیری حرکتی

مقدمه

تیراندازی با کمان را می‌توان به‌عنوان یک ورزش نسبتاً ایستا توصیف کرد که علاوه بر تکنیک‌های کلاسیک نیازمند کنترل ظریف پاسچر و استقامت بالاتنه مخصوصاً کمر بند شانه‌ای است. مهارت در تیرکمان به‌عنوان توانایی تیراندازی دقیق یک پیکان به هدفی معین در محدوده زمانی مشخص تعریف می‌شود، از این رو حس بینایی یک فاکتور مهم عملکردی محسوب می‌شود. تیراندازی به ۶ مرحله نگاه‌داشتن کمان، کشیدن، کشش کامل، هدف‌گیری، رها کردن و دنبال کردن تقسیم می‌شود و هر کدام از این مراحل برای مطالعه کنترل حرکتی و مهارت یادگرفته شده در طول فرآیند کینماتیک ارادی ایده آل هستند (۱،۲).

عملکرد تکالیف دوتعدی به‌وسیله سنجش خطاهای من‌شعب (MRE)؛ خطای شعاعی مرکز هدف (SRE) و خطای دومتغیره (BVE) به‌عنوان شاخص‌های دقت کلی، سوگیری اجرا و همسانی اجرا قابل‌اندازه‌گیری است (۳). مشخص شده است که افزایش نوسانات پاسچری و میزان ضربان قلب به‌عنوان عوامل اثرگذار بر کاهش عملکرد تیراندازی عمل می‌کنند (۴). عملکرد تکالیف هدف‌گیری و فعالیت‌هایی که نیازمند همسانی و دقت هستند به‌وسیله برخی از محدودیت‌های فیزیولوژیکی از جمله حرکات غیرارادی به خطر می‌افتد. برخی از این حرکات لرزش فیزیولوژیکی هستند که سبب ایجاد نوفه‌به‌عنوان شاخصی از تغییرپذیری در نتایج کارکرد سیستم حرکتی می‌شوند. اندازه لرزش پاسچری انسان در زمان‌های مختلف قابل‌تغییر است و عواملی با مکانیسم‌های مرکزی، رفلکسی و مکانیکی در ایجاد آن نقش دارند. از جمله عواملی که به‌صورت بالقوه بر میزان لرزش پاسچری و عملکرد این تکالیف اثر می‌گذارد خستگی است. تمرینات خستگی‌آور اغلب دارای اثرات متفاوتی بر سیستم حرکتی هستند ولی فعالیت‌هایی که معمولاً قسمت‌های فوقانی بدن را درگیر می‌کنند موجب افزایشی در اندازه لرزش پاسچری و تغییراتی در فرآیندهای حسی می‌شوند (۵،۶). از آنجاییکه در تیراندازی با تیروکمان انقباض‌های زیر بیشینه مکرری انجام می‌شود معمولاً ورزشکاران در معرض تضعیف عملکرد عضلانی قرار می‌گیرند و این فرآیند احتمالاً با آنچه که در تیراندازی به یک هدف لازم است تداخل ایجاد می‌کند.

پیش‌بینی می‌شود که خستگی عضلانی با تأثیر گذاشتن بر کنترل حرکات قامتی و بازو، منجر به تضعیف عملکرد تیراندازی شود. با این حال مطابق با نظریه سیستم‌های پویا چندین عامل ممکن است بر اثرات بالقوه خستگی اثرگذار باشد. سیستم حرکتی ممکن است تحت تأثیر ویژگی‌های تکلیف، عوامل محیطی یا فردی نظیر ظرفیت متفاوت افراد در پاسخ به خستگی، سطح مهارت یا ویژگی‌های شناختی از جمله کانون توجه قرار گیرد (۷). یکی از جالب‌ترین ویژگی‌های سیستم کنترل حرکتی انسان توانایی آن برای بهینه کردن کنترل حرکات به‌عنوان تابعی از توجه است. نمونه‌ای از چنین سازگاری‌هایی، تنظیمات در کنترل پاسچرال افراد بر مبنای تکالیف فوق پاسچری است، مخصوصاً زمانی که توجه به صورت بیرونی متمرکز می‌شود. تفسیر موجود برای این یافته‌ها این است که اضافه کردن یک هدف فوق پاسچری منجر به کاهش‌های خود به خودی در نوسانات پاسچری برای تسهیل دستیابی به هدف فوق پاسچری می‌شود (۸،۹). بنابراین محدودیت‌های تکلیفی مانند نگاه‌داشتن یک شی،

۱ Mean Radial Error

۲ Subject- Centroid Radial Error

۳ Bivariate Variable Error

۴ Physiological tremor

۵ Noise

۶ Postural tremor

۷ Supra-postural tasks

لمس کردن، نگاه کردن و هدف‌گیری شاید به‌صورت بالقوه هرگونه اثر خستگی بر لرزش پاسچری را خنثی و منجر به دستیابی به نتیجه‌ای دقیق، پایا و کارآمد شود.

چگونگی رابطه مکانیسم اهداف فوق پاسچری با همسانی عملکرد در افرادی با سطوح مهارتی مختلف نیز نکته‌ای قابل‌بحث است. مکانیسم خودکاری حرکت‌ناشی از تمرین شدید با تمرکز کانون توجه به‌صورت بیرونی و هنگامی که اجراکننده تحت فشار زمان است ارتقا می‌یابد و منجر به عملکردی پایا می‌شود (۱۰). بنابراین سطح مهارت به‌عنوان یک عامل فردی شاید بر توانایی سیستم حرکتی برای سازگاری با خستگی و تعدیلات جبرانی در الگوی حرکتی مؤثر باشد. براون و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر خستگی بر عملکرد تیراندازی افسران پلیس نشان دادند که این مکانیسم موجب خنثی شدن اثرات خستگی بر عملکرد افراد ماهر شده است (۱۱).

تبیینی که برای اهداف فوق پاسچری بر مبنای تجزیه و تحلیل‌های بوم‌شناختی می‌توان یافت این است که سازمان‌دهی نوسانات پاسچری واقعاً حساس است و به‌صورت قدرتمندی توسط تغییرات در بُعدهای محیطی، تکلیفی و فردی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه سیستم کنترل پاسچرال در تکالیف دارای اهداف فوق پاسچری زیر مجموع عمل قرار می‌گیرد، تغییرپذیری نوسانات پاسچری در چندین مطالعه به روش خطی بررسی شده است (۱۲، ۱۳). در مقایسه با کانون توجه درونی، کانون توجه بیرونی در تکالیف فوق پاسچری منجر به کاهش میزان نوسانات پاسچری و میانگین توان فرکانس (MPF) شده است. این استدلال وجود دارد که افزایش واکنش‌پذیری به آشفتگی‌ها در تکالیف فوق پاسچری موجب بالا رفتن میزان ثبات می‌شود درحالی که اثر معکوس آن وجود ندارد. با این حال براساس رویکردهای غیرخطی می‌توان بررسی کرد که سیستم کنترل حرکتی چگونه در هنگام مواجهه با محدودیت‌هایی تکلیفی مانند تکالیف فوق پاسچری سازمان‌دهی و با انتخاب چه راهبردهایی در ساختار پاسچری سعی در رسیدن به هدف تکلیفی دارد. اینکه در حضور تکالیف فوق پاسچری چه تغییراتی در مؤلفه‌های ساختار تغییرپذیری مانند درصد بازپیدایی (%Rec)، درصد ساختار (%DET)؛ پیچیدگی (Ent) و بی‌ثباتی (روند) سیستم کنترل پاسچر ورزشکاران مبتدی و ماهر اتفاق می‌افتد و چنین تغییراتی نمایانگر چه شاخصی هستند نیاز به بررسی و مطالعه دارد. ابزارهای غیرخطی مانند روش RQA درک اثرگذاری این مکانیسم‌ها را در پایه‌ترین سطح عصبی مکانیکی ممکن و تعاملات بالقوه موجود بین محدودیت‌های شکل‌دهنده مهارت‌ها را نشان می‌دهند. برای مثال پیش‌بینی می‌شود که تغییر نظم و پیچیدگی نوسانات پاسچری به‌طور معقولانه‌ای برای عملکرد حداکثری مهم باشد که در آن شرایط هرگونه سازگاری حرکتی افزایش می‌یابد (۱۴).

تیراندازی با کمان به‌عنوان مهارتی که اجرای آن به‌وسیله دقت، همسانی و ثبات پاسچرالی تعیین می‌شود نمونه فعالیت‌های همراه با محدودیت‌های تکلیفی است و با ایجاد مداخلات خستگی می‌توان اثر این محدودیت‌ها را بروی تغییرپذیری عملکرد ارزیابی کرد. از آنجاییکه مکانیسم تأثیرپذیری تغییرپذیری حرکتی ناشی از خستگی ممکن است با تغییرات استراتژی حرکتی و تکنیکی یا به‌نوعی سطح مهارت مرتبط باشد بر روی این اثرات در ورزشکاران مبتدی و ماهر ضرورت می‌یابد (۱۵). طبقه‌بندی دینامیک‌های مرکز فشار براساس ساختار تغییرپذیری، ویژگی‌های مهمی از رفتار و حالت‌های پاسچری کسب‌شده در افراد ماهر و مبتدی ارائه می‌دهد.

۱ Movement automaticity

¶ Entropy

۲ Brown et al

γ Trend

۳ Mean power frequency [MPF]

Δ Center of pressure (COP)

۴ Recurrence rate

۵ Determinism

هنگامی که قیود فردی و تکلیفی باهم مقایسه شوند می‌توان فهمید که کدام یک از این قیود به‌عنوان پارامترهای کنترل در مهارت‌های هدف‌گیری از جمله تیراندازی با تیروکمان عمل می‌کنند. در افراد ماهر این دستکاری‌ها مشخص می‌کند که کدام پارامتر کنترلی منجر به توانایی و قابلیت فرد برای عملکرد صحیح می‌شود. برعکس در افراد مبتدی این دستکاری‌ها مشخص می‌کند که کدام عامل به‌عنوان محدودکننده عملکردی محسوب می‌شود که با دستکاری آن بتوان به عملکرد صحیح دست‌یافت. هدف این مطالعه تعیین اثر خستگی موضعی اندام فوقانی بر عملکرد تیراندازی افراد ماهر و مبتدی به‌عنوان تابعی از مکانیسم‌های اهداف فوق پاسچری و خودکاری حرکت است. ما فرض کردیم که عملکرد تیراندازان ماهر بعد از یک سری از تمرینات خستگی‌آور نسبت به عملکرد پایه دچار کاهش نخواهد شد.

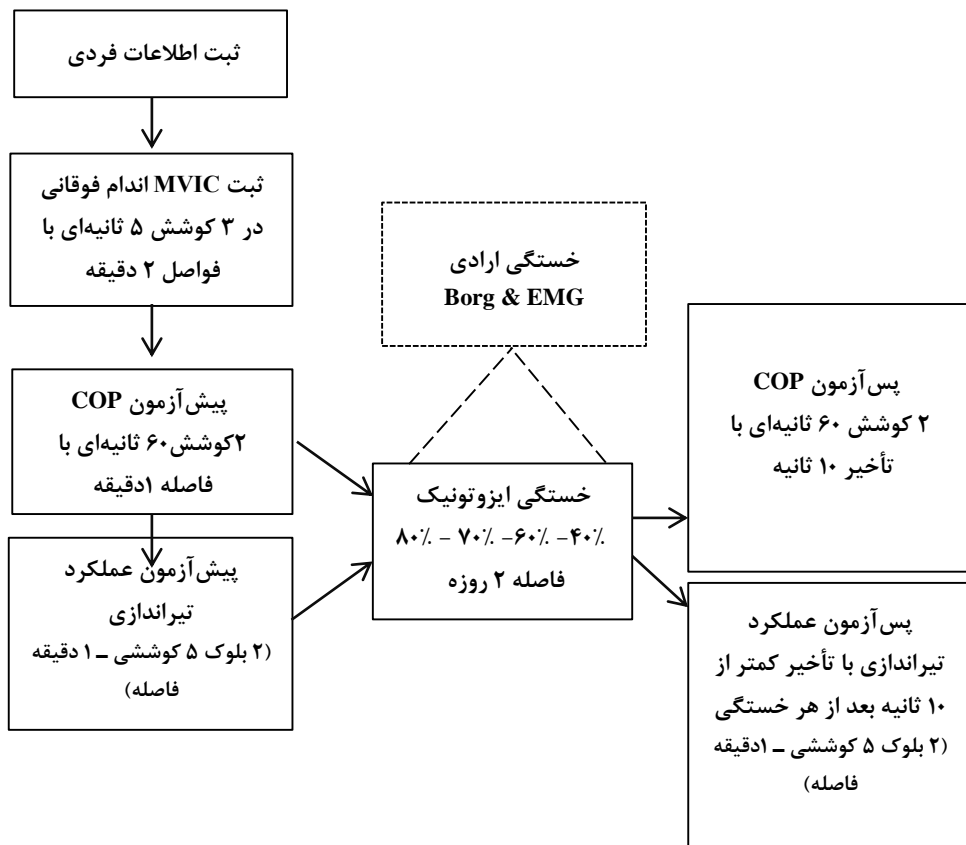
روش پژوهش

تحقیق حاضر از نوع آزمایشی، با طرح تحقیق نیمه تجربی (پیش‌آزمون — پس‌آزمون بدون گروه کنترل) و روش تحقیق بالینی بود. جامعه آماری این تحقیق را تیراندازان هیئت تیراندازی با تیروکمان کرج و یکی از باشگاه‌های فعال در سطح شهر تشکیل می‌دادند. نمونه تحقیق شامل ۲ گروه بود: تیراندازان مبتدی (۶ نفر) که دارای ۱ سال سابقه فعالیت در سطح باشگاهی بودند و تیراندازان ماهر (۶ نفر) با حداقل ۴ سال سابقه فعالیت حرفه‌ای و تجربه شرکت در مسابقات کشوری (۱۶). شرکت‌کنندگان به‌صورت داوطلب در این مطالعه حضور یافتند و در آزمایشگاه بیومکانیک دانشگاه خوارزمی تحت مداخله پژوهشی قرار گرفتند. مبنای انتخاب آزمودنی‌ها مردان دامنه سنی بین ۲۰-۲۸ سال، راست برتری، بدون هیچ سابقه بیماری یا اختلال در بینایی، فقدان مشکلات عصبی-عضلانی و درد در ناحیه شانه و گردن (بر مبنای اظهارنظر شرکت‌کنندگان) و سطح فعالیت جسمانی عادی (HPA) ^۱ یکسان بود.

فعالیت جسمانی عادی آزمودنی‌ها با استفاده از پرسشنامه بین‌المللی فعالیت جسمانی (IPAQ) ^۲ در طول هفت روز هفته ارزیابی شد. با استفاده از این پرسشنامه (فرم بلند) سه نوع فعالیت ویژه شامل راه رفتن، فعالیت با شدت متوسط و فعالیت شدید در چهار بعد اوقات فراغت، فعالیت جسمانی مرتبط با کار منزل، فعالیت جسمانی وابسته به کار و شغل و فعالیت جسمانی مرتبط با رفت‌وآمد سؤال می‌شود. براساس پروتکل بین‌المللی پرسشنامه، داده‌های جمع‌آوری شده را می‌توان به‌عنوان یک امتیاز کلی گزارش داد (۱۷). به‌منظور ارزیابی ترکیب بدن آزمودنی‌ها، وزن و قد به‌علاوه چربی زیرپوستی در سه نقطه بدن (در نقطه میانی پشت بازو، زیر کتف و فوق خاصره) و از سمت راست با استفاده از کالیپر اندازه‌گیری شد. پرسشنامه برتری جانبی ادینبرگ برای تشخیص راست برتری شرکت‌کنندگان به کار رفت. این پرسشنامه مشتمل بر ۴ بخش می‌باشد که به ترتیب به بررسی دست برتری، پا برتری، گوش و برتری چشم می‌پردازد. بخش برتری دستی شامل ۱۰ سؤال است که با پرسیدن سؤال از فرد یا مراقبین فرد در مورد اینکه از کدام دست در حین انجام ۱۰ تکلیف موردنظر استفاده می‌شود دست برتر فرد را مشخص می‌کند. نمرات مثبت نشان‌دهنده راست برتر بودن، صفر مشخص‌کننده عدم برتری جانبی و نمرات منفی حاکی از چپ برتر بودن است (دامنه‌ی نمرات از +۱۰۰ تا -۱۰۰ است) (۱۸).

^۱Habitual Physical Activity Level (HPA)

^۲ International Physical Activity Questionnaire (IPAQ)



شکل ۱. روش اجرایی

$$(x_c, y_c) = (x^-, y^-) = [(1/m)\sum_{i=1}^m x_i, (1/m)\sum_{i=1}^m y_i]$$

با توجه به اینکه مرکز هدف در نقطه $(0,0)$ بود خطای شعاعی مرکز هدف آزمودنی (SRE) با استفاده از معادله زیر محاسبه شد. این اندازه نمایانگر فاصله شعاعی تیر از مرکز هدف و شاخصی از اندازه سوگیری در طول کوشش‌های متعدد از یک آزمودنی خاص است (۳).

$$SRE = (x_c^2 + y_c^2)^{1/2}$$

در موقعیت‌های تک‌بعدی $(1-D)$ شاخص همسانی پذیرفته شده VE است که انحراف استاندارد یک سری از کوشش‌ها محسوب می‌شود. در مقابل، در موقعیت‌های دو‌بعدی مرکز هدف یک بلوک از کوشش‌ها نمایانگر میانگین در دو بُعد و فاصله هر کوشش از مرکز هدف است. بنابراین یک اندازه از انحراف استاندارد در طول کوشش‌های دو‌بعدی — خطای دومتغیره (BVE) — به‌وسیله ریشه دوم میانگین فاصله تیرهای K جذر شده از مرکز هدف شرکت‌کنندگان به دست می‌آید و به‌صورت زیر فرمول‌بندی شده است (۳).

$$BVE = \{ (1/K)\sum_{i=1}^k [(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2] \}^{1/2}$$

از داده‌های الکترومیوگرافی (مدل MIE با ۸ کانال تلمتری — انگلستان) و مقیاس ادراک خستگی بورگ^۲ (RPE-CR-10) به‌عنوان شاخص خستگی استفاده شد. یک نسخه چاپی از مقیاس بورگ در مقابل دید شرکت‌کنندگان بروی دیوار نصب و از آن‌ها خواسته شد تا مطابق با دشواری تکلیف عددی را گزارش کنند (۲۲). سیگنال‌های EMG با سرعت نمونه‌گیری ۲۰۰۰ هرتز و در تناوب ۳۰ ثانیه‌ای از عضلات سه سر بازویی راست، دلتوئید چپ و دوزنقه راست جمع‌آوری و با MVIC نرمال‌سازی شد. از پارامترهای حوزه فرکانس، پارامتر میانه (MDF) بر مبنای FFT در نرم‌افزار MATLAB به‌عنوان شاخص خستگی استخراج شد. با توجه به نزدیکی عضلات هدف با قلب و احتمال تداخل داده‌های گرفته شده با ضربان قلب، داده‌های خام ابتدا از فیلتر ECG عبور کرده سپس به‌وسیله پنجره Band-pass فیلتر شد. از ۵ ثانیه اول تست‌های پایه یک دوره ۴ ثانیه‌ای که در آن هیچ‌گونه انحرافی در داده‌های EMG دیده نمی‌شد میانگین گرفته و به‌عنوان درصدی از MVIC مربوطه ارائه گردید. فرآیند انتخاب داده براساس انتخاب فاصله‌هایی بود که در آن‌ها عضلات هدف به‌صورت فعال منقبض شدند. به این معنی که سیگنال‌هایی با دامنه کم که مربوط به دوره استراحت بین مراحل انتقال اداکشن - اداکشن و فلکشن - اکستنشن بودند از تجزیه و تحلیل حذف گردیدند (۲۳).

از آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای تعیین نرمال بودن داده‌ها و از رگرسیون برای تعیین رابطه شاخص‌های خستگی استفاده گردید. از عملکرد تیراندازی (دقت کلی، سوگیری و همسانی) دو گروه در طول بلوک‌های ۲ کوششی میانگین گرفته شد و با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر در طول دو زمان قبل و بعد از پروتکل‌های خستگی (۴ سطح) تجزیه و تحلیل شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و در سطوح معنی‌داری $P < 0,05$ انجام شد.

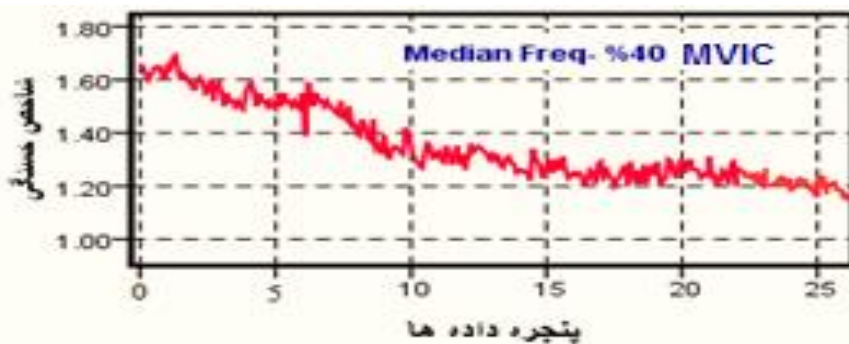
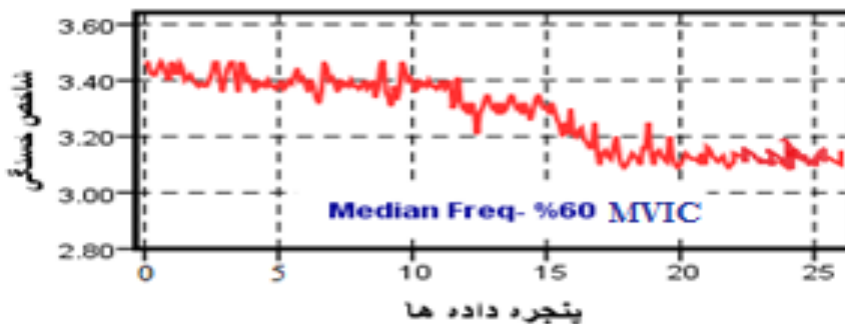
یافته‌ها

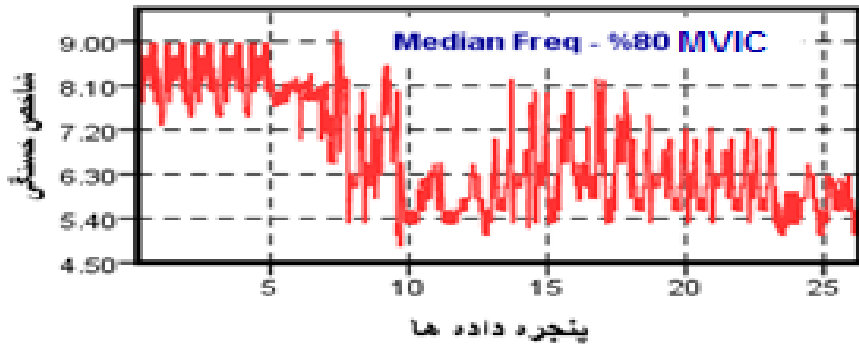
با توجه به نتایج آزمون کولموگروف — اسمیرنوف توزیع داده‌ها طبیعی بود ($p > 0,05$). نتایج بخش آمار استنباطی مشخص کرد که بین میانگین ویژگی‌های عمومی سن، قد، وزن، شاخص توده بدن و سطوح فعالیت جسمانی عادی تیراندازان مبتدی و ماهر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p > 0,05$) (جدول ۱).

جدول ۱. آماره‌های توصیفی (میانگین (SD) و ویژگی‌های عمومی شرکت‌کنندگان

میانگین (انحراف استاندارد)		متغیر (واحد)
تیراندازان مبتدی	تیراندازان ماهر	
۲۳,۳۳ (۲,۴۰)	۲۴,۶۰ (۳,۳۸)	سن (سال)
۱۷۴,۵۱ (۶,۱۵)	۱۷۳,۷۸ (۶,۷۵)	قد (سانتیمتر)
۷۰,۲۳ (۵,۲۵)	۶۹,۵۴ (۷,۲۲)	جرم (کیلوگرم)
۲۵,۱ (۱,۷۱)	۲۴,۵ (۲,۳۰)	شاخص توده بدنی (کیلوگرم / مجذور قد)
۴,۵۸ (۱,۲۰)	۴,۹۰ (۰,۹۷)	سطح فعالیت عادت‌ی (کیلوکالری)

همه شرکت‌کنندگان پروتکل‌های خستگی اختصاصی ۴۰٪، ۶۰٪، ۷۰٪ و ۸۰٪ MVIC را تا خستگی ارادی انجام دادند. کاهش میانه فرکانس فعالیت عضلانی نشان داد که در طی اجرای پروتکل‌های مذکور خستگی رخ داده است. تحلیل توصیفی عضله دوزنقه در شکل ۱ نشان می‌دهد که پارامتر میانه به ترتیب تا مقادیر ۸۴٪، ۸۹,۷٪، ۸۱,۲٪ و ۷۹٪ کاهش یافته است. همچنین، مقادیر میانگین ادراک خستگی شرکت‌کنندگان نیز با کاهش میانه فرکانس EMG به صورت خطی افزایش یافت. ارزیابی مدل شاخص خستگی EMG و مقیاس بورگ نیز با استفاده از سه مدل لگاریتمی، درجه دوم و نمایی $R > 0.80$ به دست آمد.





شکل ۱. اندازه‌های عینی پارامتر میانه عضله ذوزنقه در طی پروتکل‌های خستگی ارادی

میانگین و انحراف استاندارد شاخص‌های دقت عملکردی تیراندازان در جدول ۲ نمایانگر اثرگذاری متفاوت خستگی بر عملکرد شرکت‌کنندگان مبتدی و ماهر بود. مقادیر شاخص‌های دقت کلی و همسانی تیراندازان مبتدی بعد از اعمال ۴۰٪ حداکثر انقباض ارادی به‌صورت معنی‌داری نسبت به مرحله پیش‌آزمون افزایش اما سوگیری عملکرد آن‌ها کاهش یافت ($P < 0.05$). در تیراندازان ماهر خستگی بر هیچ‌کدام از شاخص‌های دقت عملکرد اثر نداشت. افزایش شدت خستگی موجب تغییرات جزئی در سوگیری و همسانی عملکرد این تیراندازان شد ($p > 0.05$).

جدول ۲: میانگین (SD) شاخص‌های دقت عملکردی تیراندازان مبتدی و ماهر در پیش‌آزمون و حین خستگی

سطوح اجرا								پیش‌آزمون	شرکت‌کننده	شاخص دقت
P	۸۰٪	P	۷۰٪	P	۶۰٪	P	۴۰٪			
۰.۰۱۷۰.۳۷۸	۶۸.۰۲ (۵.۸۱)	۰.۰۳۶۰.۹۶۰	۶۷.۳۴ (۶.۹۶)	۰.۰۳۹	۵۲.۳۲ (۵.۶۴)	۰.۹۷۰	۳۷.۱۵ (۴.۰۶)	۳۷.۶۷ (۶.۴۳)	مبتدی	دقت کلی (MRE)
	۲۰.۳۶ (۴.۹۵)		۱۸.۹۵ (۳.۶۶)		۰.۳۸۶		۲۲.۸۲ (۶.۴۴)			

سوگیری (SRE)	مبتدی ماهر	۱,۲۰ (۰,۴۴) ۰,۷۴ (۰,۲۰)	۱,۲۷ (۰,۳۱) ۰,۷۲ (۰,۱۴)	۱,۰۲ (۰,۱۲) ۰,۸۶ (۰,۱۸)	۰,۵۰۸ ۰,۹۲۲	۰,۴۵۰,۶۷۶ ۰,۹۵ (۰,۲۸)	۰,۹۰ (۰,۵۱) ۰,۹۵ (۰,۲۸)	۰,۳۹۰,۱۴۴	۰,۷۲ (۰,۱۵) ۰,۷۸ (۰,۲۰)	۰,۰۲۷۰,۷۰۹
همسانی (BVE)	مبتدی ماهر	۲,۲۲ (۰,۸۷) ۱,۱۳ (۰,۵۳)	۲,۱۵ (۱,۰۴) ۱,۱۹ (۰,۵۵)	۲,۴۳ (۰,۸۳) ۱,۰۵ (۰,۶۲)	۰,۵۴۹ ۰,۴۲۲	۰,۴۱۰,۴۷۹ ۰,۹۶ (۰,۶۷)	۲,۵۴ (۰,۶۴) ۰,۹۶ (۰,۶۷)	۰,۰۳۲۰,۲۱۰	۲,۹۰ (۰,۴۱) ۱,۰۹ (۰,۶۱)	۰,۰۲۱۰,۷۳۱

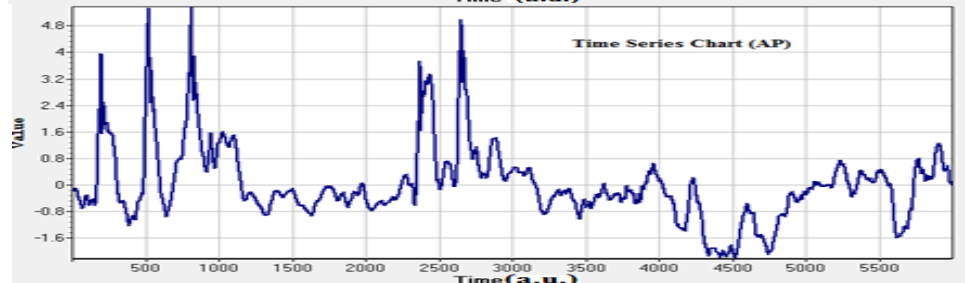
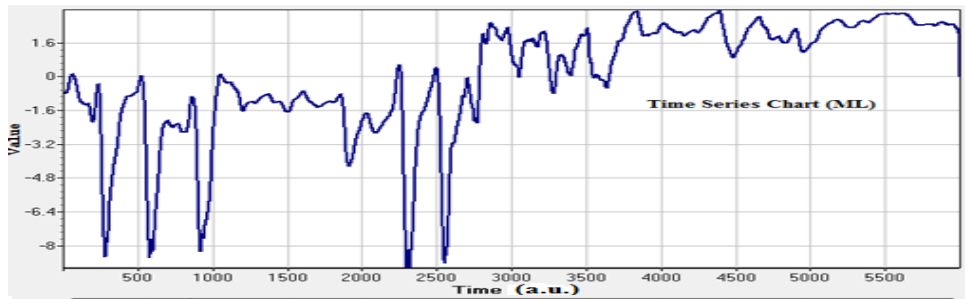
جدول ۳ (a): میانگین (SD) متغیرهای تغییرپذیری نوسانات پاسچری تیراندازان مبتدی در تکلیف ایستادن عمودی و عملکرد تیراندازی

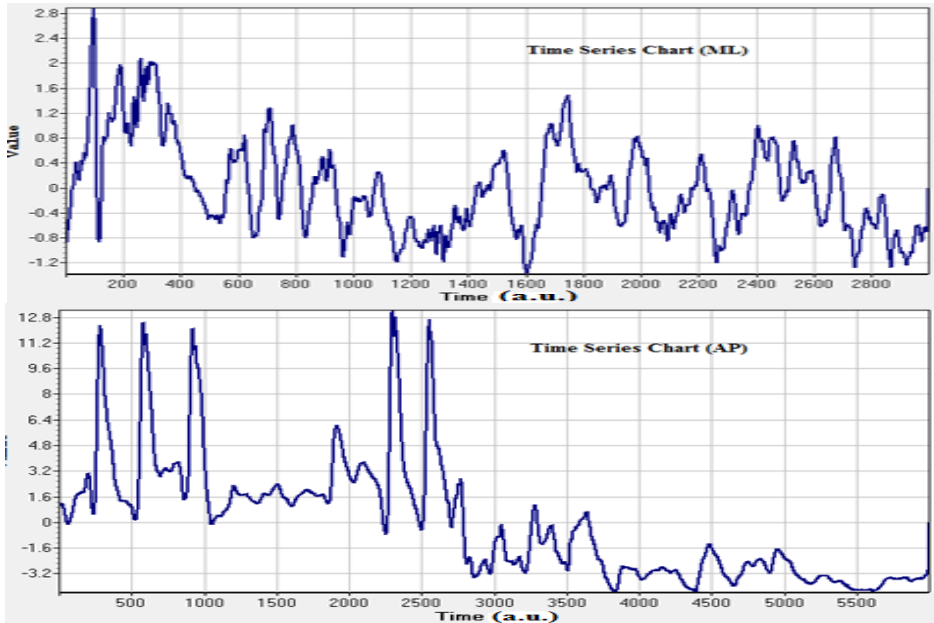
عملکرد تیراندازی								ایستادن با خستگی	مح و ور	تغییرپذیری
p	۸۰٪	P	۷۰٪	p	۶۰٪	p	۴۰٪			
۰,۰	۲,۶۵		۲,(۰,۹۵)	۰,۰	(۱,۰۳)	۰,۰	(۱,۲۰)	۳,۲۸ (۰,۹۶) ۳,۴۴ (۱,۰۵)	AP ML	%Rec
۱۴	(۰,۸۴)	۰,۰۲۵	۰,۷۲	۲۹	۲,۷۵	۳۴	۲,۸۱			
۰,۰	(۰,۹۳)	۰,۰۳۸	۲,(۱,۰۴)	۰,۰	(۱,۱۹)	۰,۰	(۱,۱۵)			
۱۲	۲,۸۴		۸۲	۴۲	۳,۰۲	۳۸	۲,۹۱			
۰,۰	۷۹(۵,۱۰)		۷۶(۵,۶۰)	۰,۰	۷۵(۶,۱۲)	۰,۰	۸۰(۷,۱۵)	(۵,۲۰)۸۹,۵۹(۵,۵۴) ۸۶,۲۲	AP ML	%Det
۲۶	۲۷	۰,۰۲۲	۰,۸	۱۹	۸۱	۳۱	۱۰			
۰,۰	۸۰(۴,۷۹)	۰,۰۳۱	۷۶(۵,۲۰)	۰,۰	۷۷(۴,۷۹)	۰,۰	۷۹(۵,۱۲)			
۴۸	۵۱		۵۲	۲۰	۴۲	۴۶	۳۳			
۰,۰	۲,(۱,۰۱)		۲,(۱,۱۴)	۰,۰	(۰,۹۴)	۰,۰	(۰,۸۱)	۲,۷۸ (۰,۷۴) ۳,۰۱ (۰,۸۲)	AP ML	Ent
۲۷	۵۴	۰,۰۱۱	۳۱	۳۱	۲,۵۵	۲۵	۲,۵۲			
۰,۰	(۰,۹۴)	۰,۰۱۵	۲,(۱,۰۶)	۰,۰	(۱,۰۱)	۰,۰	(۱,۰۴)			
۱۵	۲,۶۳		۶۰	۱۸	۲,۶۶	۱۳	۲,۵۹			
۰,۰	۲,(۰,۹۹)		۲,(۱,۰۲)	۰,۰	(۱,۰۲)	۰,۰	(۱,۱۱)	-۳,۱۸(۱,۰۲) -۲,۹۰(۱,۰۱)	AP ML	Trend
۰,۰	-۶۰	۰,۰۰۸	-۶۱	۱۷	-۲,۷۴	۲۱	-۲,۷۷			
۰,۰	۲,(۱,۱۱)	۰,۰۲۷	۲,(۰,۹۵)	۰,۰	(۰,۹۲)	۰,۰	(۱,۰۶)			
۰,۱	-۲۵		-۵۳	۱۹	-۲,۵۰	۱۴	-۲,۴۹			

بررسی اثر نوع تکلیف بر تغییرپذیری نوسانات پاسچری با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر شرایط فقط برای تیراندازان ماهر معنی‌دار بود ($F=7,481, P=0,031$). در شرایط اجرای تکلیف تیراندازی، میانگین متغیرهای ساختاری (RQA) نوسانات پاسچری تیراندازان ماهر در دو محور قدامی - خلفی و میانی — جانبی به صورت معنی‌داری نسبت به تکلیف ایستادن عمودی با حضور خستگی کاهش یافت ($P < 0,05$). در مقابل افزایش ناشی از شرایط خستگی مؤلفه‌های ساختاری RQA تیراندازان مبتدی در موقعیت اجرای تکلیف تیراندازی حفظ شد. این شاخص‌ها حین اجرای تکلیف تیراندازی در مقایسه با شرایط ایستادن تغییر معنی‌داری نداشت ($p > 0,05$). (جدول ۳).

جدول ۳ (b): میانگین (SD) متغیرهای تغییرپذیری نوسانات پاسجری تیراندازان ماهر در تکلیف ایستادن عمودی و عملکرد تیراندازی

عملکرد تیراندازی								ایستادن با خستگی	محو ر	تغییرپذیری
P	۸۰٪	P	۷۰٪	P	۶۰٪	P	۴۰٪			
۰.۶۱	۲.۹۵	۰.۳۱		۰.۵۶		۰.۶۶	۳.۰۳	۳. (۱,۱۰)	AP ML	%Rec
۱	(۱,۰۵)	۰	۳,۲۱ (۱,۱۴)	۰	۳,۰۰ (۱,۰۴)	۰	(۱,۲۰)	۰.۶		
۰.۴۸	(۰,۹۸)	۰.۵۵	۳,۲۷ (۱,۰۲)	۰.۴۲	۳,۰۵ (۱,۰۶)	۰.۵۵	(۱,۰۷)	(۱,۱۳)		
۴	۳,۰۴	۵		۱		۰	۳,۱۵	۳,۱۷		
۰.۴۹	۷۷,۰ (۴,۶۵)	۰.۷۹	۷۲,۲ (۵,۲۲)	۰.۶۰		۰.۶۵	۷۶,۸ (۷,۰۸)	۷۲,۶ (۸,۰۷)	AP ML	%Det
۹	۵	۰	۲	۳	۷۹,۱ (۵,۱۵) ۷۶,۹۳ (۶,۹۶)	۶	۱	۷		
۰.۵۳	۶۹,۲ (۴,۴۴)	۰.۶۸	۶۹,۱ (۴,۷۰)	۰.۷۱	۳۳	۰.۴۴	۷۸,۲ (۵,۱۳)	۷۳,۸ (۵,۵۲)		
۰	۶	۱	۴	۱		۲	۲	۱		
۰.۲۱	۲,۳۴	۰.۴۰		۰.۵۰		۰.۲۸	(۱,۱۵)	۲,۱۶	AP ML	Ent
۱	(۰,۹۵)	۵	۲,۳۴ (۰,۹۷)	۰	۲,۱۵ (۱,۰۵)	۵	۲,۰۰	(۱,۰۳)		
۰.۳۷	(۱,۱۴)	۰.۶۵	(۰,۹۹)	۰.۴۴	۲,۳۴ (۱,۰۲)	۰.۲۶	(۱,۱۴)	(۱,۰۳)		
۴	۲,۳۳	۱	۲,۴۵	۰		۵	۲,۲۸	۲,۴۸		
۰.۱۵	(۱,۰۰)	۰.۲۰	۳,۰۹ (۰,۹۶)	۰.۷۷		۰.۳۶	-۳,۲۵	۳,۲۱ (۱,۰۲)	AP ML	Trend
۴	-۳,۰۵	۱	-	۱	-۳,۲۳ (۱,۰۵)	۰	(۱,۱۴)	-		
۰.۵۶	(۱,۰۹)	۰.۷۴		۰.۶۵	-۳,۲۰ (۱,۱۳)	۰.۵۵	(۱,۲۲)	۳,۲۴ (۱,۲۹)		
۶	-۳,۱۸	۷	۳,۲۳ (۱,۰۶)	۲		۱	-۳,۳۸	-		





شکل ۳: نمودار سری‌های زمانی نوسانات پاسچری تیراندازان مبتدی (الف) و ماهر (ب) در مرحله عملکرد تیراندازی

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر یافتن پاسخ این سؤال بود که آیا عملکرد تیراندازی در افراد ماهر و مبتدی تحت تأثیر خستگی جسمانی قرار می‌گیرد یا نه. مرور مطالعات نشان می‌دهد که ارتباط زمانی بین پیشرفت خستگی و عملکرد شاید تحت تأثیر مؤلفه‌های عملکردی چون نوع تکلیف و کانون توجه قرار گیرد. مطالعات مربوط به کانون توجه نشان داده‌اند در مواردی که هدفی ظاهری از تکلیف وجود دارد سیستم کنترل پا سچر حرکتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با این حال آنچه در مطالعه حاضر مهم به نظر می‌رسد درک این نکته است که چگونه این مکانیسم بر کنترل حرکتی در پایه‌ترین سطح عصبی مکانیکی که توسط فرآیند خستگی تحت تأثیر قرار می‌گیرد اثرگذار است. چگونگی سازمان‌دهی عصبی کنترل حرکتی در هنگام مواجهه با محدودیت‌هایی فردی (خستگی جسمانی) و محدودیت‌هایی تکلیفی (تکالیف فوق پاسچری) در افرادی با سطوح مهارتی مختلف نیز به درک این فرآیندها کمک می‌کند. برای این منظور ابزارهای غیرخطی می‌توانند اطلاعات مهمی در رابطه با نظم و پیچیدگی این سیستم در اختیار ما قرار دهند.

نتایج مربوط به شاخص‌های عملکردی تیراندازان در طی اجرای پروتکل‌های خستگی نشان داد که با افزایش شدت خستگی عملکرد تیراندازان مبتدی به طور معنی‌داری تغییر کرد. میانگین شاخص MRE تیراندازان مبتدی در مقایسه با پیش‌آزمون افزایش یافت که نمایانگر کاهش دقت کلی اجرا است. سوگیری نشان‌دهنده تمایل شخص به گذشتن از هدف یا نرسیدن به آن است و شاخصی از توانایی انطباق مهارت با نیازهای خاص شرایط اجرا توسط فرد است. نتایج نشان داد که میانگین سوگیری تیراندازان مبتدی همزمان با افزایش شدت خستگی کاهش یافت. از این رو نمی‌توانیم نتیجه بگیریم که علت کاهش دقت کلی این تیراندازان مربوط به مشکلات آن‌ها

برای انطباق مهارت با نیازهای شرایط خستگی است. افزایش میانگین شاخص همسانی عملکرد تیراندازان مبتدی در طول این مطالعه شاید مبین آن است که این افراد الگوی حرکت بنیادی مربوط به اجرای مهارت از جمله نحوه تغییرپذیری نوسانات پاسچری مهارت را به درستی کسب نکرده و نیازمند کسب تجربه بیشتر هستند (۲۴،۳). در مقابل، شدت‌های خستگی بر هیچ کدام از شاخص‌های دقت کلی، سوگیری اجرا و همسانی اجرای تیراندازان ماهر اثری معنی‌دار نداشت.

نتایج این بخش از مطالعه با یافته‌های براون و همکاران (۲۰۱۳) که به بررسی عملکرد تیراندازی پلیس‌های ماهر تحت شرایط خستگی پرداختند همخوانی دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که با وجود خستگی (میانگین ضربان قلب ۱۶۴ bpm) دقت و همسانی اجرای قبل و بعد از خستگی تغییر معنی‌داری نداشته است. این نتایج به واکنش اعمال تیراندازی خودکار ناشی از نوع تکلیف در افراد ماهر نسبت داده شده است به گونه‌ای که باعث رفع اثرات نامطلوب خستگی بر دقت تیراندازی شده است (۱۱). با بررسی نتایج حاصل از پژوهش حاضر چندین عامل ممکن است مکانیسم‌های حذف اثرات خستگی و حفظ عملکرد در سطوح بالا در تیراندازان ماهر را تبیین کند. نخست، هرگونه اثر نامطلوب خستگی بر عملکرد تیراندازی در افراد ماهر ممکن است از طریق اضافه شدن هدفی فوق پاسچری و تیراندازی به هدف کاهش یافته باشد. این اثر معمولاً زمانی که افراد به صورت بیرونی تمرکز کرده باشند افزایش چشمگیری می‌یابد (۱۳،۹). از طرف دیگر وجود محدودیت‌های زمانی برای شروع عمل، تمایل برای درگیری در فرآیندهای پردازش هوشیارانه را کاهش و استفاده از ظرفیت‌های پاسخ خودکار را افزایش می‌دهد (۱۳). با اینکه تکلیف تیراندازی با کمان اساساً مستلزم استفاده از کانون توجه بیرونی است اما نتایج نشان داد که احتمالاً توجه تیراندازان مبتدی به صورت درونی متمرکز شده است. با این شرایط کانون توجه درونی دارای اثر زیانباری بر عملکرد این دسته از تیراندازان بود (۲۵). یافته‌های این قسمت از مطالعه با یافته‌های توماس و همکاران (۲۰۰۰)، ناسی و ولف (۲۰۰۲)، ولف و همکاران (۲۰۰۴) و ارنست و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی دارد. در این مطالعات نشان داده شد که اتخاذ یک کانون توجه بیرونی بروی نتایج حرکتی قصد شده مانند تیراندازی به هدف موجب ارتقای خودکاری حرکت و بهبود در اجرای تکلیف می‌شود. این موضوع مخالف با تلاش‌های آگاهانه در کنترل حرکات بدنی در هنگام تمرکز به صورت درونی است (۱۳، ۱۲، ۹، ۸). بنابراین ترکیب عوامل فشار زمانی تحمیل شده بر شرکت‌کنندگان ماهر، سطح تبحر آن‌ها و حضور هدفی فوق پاسچری که موجبات ارتقای کانون توجه بیرونی شده است، بر حفظ درجه بالایی از دقت، سوگیری و همسانی عملکرد تیراندازان ماهر علی‌رغم خستگی جسمانی مؤثر بوده است. با این حال در این مطالعات شواهدی برای احتمال اثرگذاری این فرآیندها بر تغییرپذیری نوسانات تیراندازان ارائه نشده است. با توجه به اینکه در عمل تیراندازی با کمان، کمان در نزدیکی محور مرکزی بدن ثابت نگه‌داشته و رها می‌شود تغییرپذیری نوسانات پاسچری به احتمال زیادی عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۶). برای بررسی این فرض میانگین مؤلفه‌های تغییرپذیری نوسانات پاسچری دو محور تحت شرایط تیراندازی، با مجموع شدت‌هایی از خستگی که بر نوسانات پاسچری تیراندازان اثرگذار بود مقایسه شد. نتایج حاصل برای اثر اصلی شرایط نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری بین دو سطح مختلف اجرا در تیراندازان ماهر یافت می‌شود. تحت شرایط اجرای تکلیف تیراندازی مؤلفه‌های RQA تیراندازان ماهر به طور معنی‌داری در شدت‌های خستگی در دو محور کاهش یافت در حالی که در تیراندازان مبتدی این شاخص‌ها تغییر معنی‌داری نداشت. این نتایج به این معنی است که همچنان که شرایط تکلیف تغییر یافته است، سری‌های زمانی COP

تیراندازان ماهر نامنظم‌تر (% Det و % Rec) و از پیچیدگی کمتر (Ent پایین‌تر) و بی‌ثباتی کمتر (Trend پایین‌تر) در ساختار دو محور AP و ML برخوردار شده است. پیچیدگی کمتر در ساختار نوسانات پاسچری تیراندازان ماهر می‌تواند به‌عنوان تغییرات متفاوت درون الگوی آن‌ها تحت شرایط اجرا تفسیر شود. به‌گونه‌ای که سازگاری کارکردی سیستم کنترل پا سچر در شرایط اجرا به‌گونه‌ای تغییر می‌یابد که دستیابی به هدف تکلیف را ممکن سازد. همچنین با توجه به کاهش میانگین مؤلفه Trend دو محور، این سازگاری یا انعطاف‌پذیری سیستم کنترل پاسچر می‌تواند نمایانگر کاهش احتمال انتقال بین حالت‌های پاسچری و در واقع حاکی از وجود ثبات در سیستم باشد (۲۷، ۲۸).

در صورتی که تغییر نوع تکلیف انجام شده در این پژوهش به‌عنوان تغییر شرایط شناختی در نظر گرفته شود یافته‌های این مطالعه در مورد تیراندازان ماهر با نتایج پژوهش نگهبان و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد. نتایج این مطالعه نشان داد هنگام دشوارتر شدن شرایط اجرای تکلیف و تغییر تکلیف منفرد به دوگانه، میانگین مؤلفه‌های Ent، % Det، % Rec و Trend به صورت معنی‌داری در هر دو گروه افراد سالم و بیمار کاهش می‌یابد (۲۱). با این حال یافته‌ها پژوهش حاضر نشان داد که چنین تغییراتی در زمینه ورزشی فقط در افراد ماهر دیده می‌شود. سیستم‌هایی با الگوهای منظم رفتاری از جمله ورزشکاران ماهر شاید در طول اجرا نیازمند فرآیندهای شناختی کمتری باشند (۲۹، ۲۸). بنابراین کاهش نظم و پیچیدگی COP پس از تغییر شرایط شناختی و مواجهه ورزشکار با هدف موردنظر می‌تواند به‌عنوان منعکس‌کننده دقت بیشتر و سازگاری ویژه‌ای با هرگونه شرایط آشفته‌گی در تیراندازان ماهر برای دسترسی به هدف قصد شده (هدف فوق پاسچری) تفسیر شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که اگرچه خستگی می‌تواند ساختار تغییرپذیری را تغییر دهد ولی عواملی مانند نوع تکلیف و جنبه‌های شناختی از جمله نوع کانون توجه دارای اثر قدرتمندتری بر عملکرد هستند و می‌تواند اثرات محدودیت‌های فردی را به حداقل برساند. به نظر می‌رسد که سطح مهارت عامل تعیین‌کننده میزان تأثیرپذیری عملکرد تیراندازان از خستگی است و مریدان باید در طراحی برنامه‌های تمرینی به اصل تفاوت‌های فردی و شیوه‌های تمرکز بیرونی کانون توجه مخصوصاً در نوآموزان توجه ویژه‌ای داشته باشند. با توجه به رابطه کشف‌شده بین خستگی، تکلیف تیراندازی و حفظ عملکرد در تیراندازان ماهر پیشنهاد می‌گردد که وجود چنین رابطه‌ای در سایر تکالیف هدف‌گیری و تحت تأثیر سایر متغیرهای فردی مانند سن و جنس بررسی شود.

منابع

- 1). Azadeh Kian, Farhad Tabatabaighomshe and Zohreh Norang. (2013). Comparing the ability of controlling the bow hand during aiming phase between two elite and beginner female compound archers: A case study. *European Journal of Experimental Biology*, 3(4):103-111.
- 2). Zulkifli Ahmad et al. (2013). Biomechanics measurements in archery. *International Conference on Mechanical Engineering Research*, July. Paper ID: P263.
- 3). Gregory R. Hancock, Michael S. Butler and Mark G. Fischman. (1995). On the Problem of Two-Dimensional Error Scores: Measures and Analyses of Accuracy, Bias, and Consistency. *Journal of Motor Behavior*, Vol 27, No. 3, 241-250.
- 4). Evans, R.K, Scoville, C.R, Ito, M.A, & Mello, R.P. (2003). Upper body fatiguing exercise and shooting performance. *Military Medicine*, 168, 451-456. PubMed.

- 5). Deanna H. Gates, and Jonathan B. Dingwell. (2008). The Effects of Neuromuscular Fatigue on Task Performance During Repetitive Goal-Directed Movements. Published in final edited form as: *Exp Brain Res*; 187(4): 573–585.
- 6). Lakie, M. (2010). The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental Physiology*, 95, 441–450.
- 7). Divya Srinivasan, Svend Erik Mathiassen. (2012). Motor variability noccupational health and performance. *Clinical Biomechanics Reviews* 27, 979–993.
- 8). Thomas A. Stoffregen, Randy J. Pagulayan, Benoit G. Bardy, Lawrence J. Hettinger. (2000). Modulating postural control to facilitate visual performance. *Human Movement Science* 19, 203–220.
- 9). Wulf, G. (2012). Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 723-728.
- 10). Oudejans, R.R.D. (2008). Reality-based practice under pressure improves hand gun shooting performance of police officers. *Ergonomics*, 51, 261–273. PubMed.
- 11). Melissa J. Brown, Richard D. Tandy, Gabriele Wulf, and John C. Young. (2013). The Effect of Acute Exercise on Pistol Shooting Performance of Police Officers. *Motor Control*, 17, 273-282.
- 12). Nancy H. McNevin, Gabriele Wulf. (2002). Attentional focus on supra-postural tasks affects postural control. *Human Movement Science* 21, 187–202.
- 13). Gabriele Wulf, John Mercer, Mark A. Guadagnoli, Nancy McNevin. (2004). Reciprocal Influences of Attentional Focus on Postural and Suprapostural Task Performance. *Journal of Motor Behavior*, Vol. 36, No. 2, 189–199.
- 14). Marco A. Aceves-Fernandez, Jesus Carlos Pedraza-Ortega, Artemio Sotomayor-Olmedo, Juan M. Ramos-Arreguín, Jose Emilio Vargas-Soto and Saul Tovar-Arriaga. (2012). Analysis of Key Features of Non-Linear Behavior Using Recurrence Plots. Case Study: Urban Pollution at Mexico City. *Journal of Environmental Protection*, 3, 1147-1160.
- 15). Claudine J.C. Lamoth, Rob C. van Lummel, Peter J. Beek. Athletic skill level is reflected in body sway: A test case for accelometry in combination with stochastic dynamics. *Gait & Posture* 29, (2009), 546–551.
- 16). Stemplewski R, Maciaszek J, Tomczak M, Szecklicki R, Sadowska D, and Osinski W. (2013). Habitual Physical Activity as a Determinant of the Effect of Moderate Physical Exercise on Postural Control in Older Men. *American Journal of Men's Health* 7 (1), 58–65.
- 17). Maria H, Pekka O, Sjostrom M. (2005). The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutrition*, 9(6), 755-762.
- 18). Oldfield, R. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh. *Inventory Neuropsychologia*, 9, 97-113.
- 19). Rita M Patterson, Caroline W Stegink Jansen, Harry A Hogan and Michael D Nassif. (2001). Material Properties of Thera-Band Tubing. *PHYS THER*; 81:1437-1445.

- 20). Kuei-Min Chen, Wei-Shyuan Tseng, Hsin-Ting Huang, Chun-Huw Li. (2013). Development and Feasibility of a Senior Elastic Band Exercise Program for Aged Adults: A Descriptive Evaluation Survey. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, Volume 36, Issue 8, Pages 505–512.
- 21). Hossein Negahban, Mohammad Ali Sanjari, Razieh Mofatehc and Mohamad Parnianpour. (2013). Nonlinear dynamical structure of sway path during standing in patients with multiple sclerosis and in healthy controls is affected by changes in sensory input and cognitive load. *Neuroscience Letters* 553, 126–131.
- 22). Troiano A, Naddeo F, Sosso E, Camarota G, Merletti R and Mesin L. (2008). Assessment of force and fatigue in isometric contractions of the upper trapezius muscle by surface EMG signal and perceived exertion scale. *Gait & Posture* 28, 179–186.
- 23). Khosravani S, Maleki A, Fallah A. (2013). Qualitative Assessment of Muscle Fatigue Based on EMG. *J Biomed PhysEng*; 3(1). 125-132.70.
- 24). Magill, Richard A. (2012). *Motor learning: concepts and applications*. Edition: 9, 42 - 106.
- 25). Keith R. Lohse, David E. Sherwood. (2012). Thinking about muscles: The neuromuscular effects of attentional focus on accuracy and fatigue. *Acta Psychologica* 140, 236–245.
- 26). Ball, K.A, Best, R.J, & Wrigley, T.V. (2003). Inter- and intra-individual analysis in elite sport: pistol shooting. *Journal of Applied Biomechanics*, 19, 28–38.
- 27). Benoit G. Bardy, Olivier Oullier and Reinoud J. Bootsma. (2002). Dynamics of Human Postural Transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 28, No. 3, 499 – 514.
- 28). Espen A.F. Ihlen, Nina Skjaeret, Beatrix Vereijken. (2013). The influence of center-of-mass movements on the variation in the structure of human postural sway. *Journal of Biomechanics* 46, 484–490.
- 29). H Kuo, W Tome, L Hong, R Yaparalvi, M Garg, C Guha and S Kalnicki. (2013). Measurements of Non-Linearity Features of Breathing Patterns Using Recurrence Quantification Analysis (RQA) and Dynamic Complexity (DC). *Med. Phys.* Volume 40, Issue 6, 182, pages 24-35.