

Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: **The effect of throw distance, mental fatigue and muscular fatigue on throw accuracy and movement time in dart throwing skill**

**Authors: Najmeh Parhiz Meymandi<sup>1</sup>, Ali Reza Farsi<sup>1\*</sup>, Mohammad Ali Sanjari<sup>2</sup>**

1. Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2. Biomechanics Lab., Rehabilitation Research Center, and Department of Basic Rehabilitation Sciences, Faculty of Rehabilitation Sciences, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

**\*Corresponding:** AliReza Farsi, Professor at Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

**To appear in: Sport Psychology**

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Journal of Sport Psychology provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.



نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

## عنوان: اثر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت

نویسندگان: نجمه پرهیزمیمندی<sup>۱</sup>، علیرضا فارسی<sup>۱\*</sup>، محمدعلی سنجری<sup>۲</sup>

۱. دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲. مرکز تحقیقات توانبخشی و گروه آموزشی علوم پایه توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

\*نویسنده مسئول: علیرضا فارسی

نشریه: روان‌شناسی ورزش



این نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرآیند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرآیند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه روان‌شناسی ورزش گزینۀ «پذیرفته شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آنها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرآیند آماده‌سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه‌آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیثه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

نسخه پیش از انتشار

## Abstract

**Purpose:** The present study was conducted to investigate the effect of throw distance, mental fatigue and muscular fatigue on throw accuracy and movement time in dart throwing skill.

**Methods:** This is a quasi-experimental applied research with a pretest-posttest design and independent variable intervention. Nineteen right-handed females and nine right-handed males participated in this study. They were  $28.96 \pm 0.64$  years old in average, and had no regular experience in throwing darts. Data were collected from the dart throwing task in six experimental conditions (three fatigue conditions and two throwing distances). After checking the normality of data distribution using skewness and kurtosis, 3 (fatigue) x 2 (throwing distance) analysis of variance test was used with repeated measurements at a significance level of 0.05.

**Results:** The results showed that the main effect of fatigue ( $p = 0.001$ ) and the main effect of throw distance ( $p = 0.001$ ), was significant on the throwing accuracy. However, no significant interaction effect was observed ( $p = 0.401$ ). Also, the main effect of fatigue ( $p = 0.001$ ) and the main effect of throwing distance ( $p = 0.001$ ) on movement time were significant. However, no significant interaction effect was observed ( $p = 0.909$ ).

**Conclusion:** Mental and muscular fatigue can negatively affect the performance accuracy. On the other hand, the movement time decreases by reducing the amount of force during muscular fatigue. Also, increasing the throw distance can reduce the movement time to produce the required force and thus reduce the throw accuracy.

**Key words:** Speed-accuracy trade-off, fatigue, attention

## چکیده

**هدف:** پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت انجام شد.

**روش‌ها:** این پژوهش نیمه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون و مداخله متغیر مستقل، از نوع کاربردی است. شرکت‌کنندگان این مطالعه ۱۹ دختر و نه پسر راست دست با میانگین سنی  $28/96 \pm 0/64$  سال و بدون تجربه منظم در پرتاب دارت بودند. داده‌ها از تکلیف پرتاب دارت در شش شرایط آزمایشی (سه حالت خستگی و دو فاصله پرتاب) جمع‌آوری شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از چولگی و کشیدگی، از آزمون تحلیل واریانس ۳ (خستگی)  $\times$  ۲ (فاصله پرتاب) با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد اثر اصلی خستگی ( $p=0/001$ ) و اثر اصلی فاصله پرتاب ( $p=0/001$ )، بر دقت پرتاب معنی‌دار بود. اما اثر تعاملی معنی‌داری مشاهده نشد ( $p=0/401$ ). همچنین اثر اصلی خستگی ( $p=0/001$ ) و اثر اصلی فاصله پرتاب ( $p=0/001$ ) بر زمان حرکت معنی‌دار بود. اما تعامل معنی‌داری بین خستگی و فاصله پرتاب مشاهده نشد ( $p=0/909$ ).

**نتیجه‌گیری:** خستگی ذهنی و عضلانی می‌توانند بر دقت عملکرد تأثیر منفی داشته باشند. از طرفی می‌توان گفت: با کاهش میزان نیرو به هنگام خستگی عضلانی، زمان حرکت کاهش می‌یابد. همچنین افزایش فاصله پرتاب می‌تواند سبب کاهش زمان حرکت برای تولید نیروی مورد نیاز و در نتیجه کاهش دقت پرتاب شود.

**واژه‌های کلیدی:** مبادله سرعت-دقت، خستگی، توجه

## مقدمه

درک قوانین مربوط به عملکرد و کنترل حرکتی مستلزم مطالعه عوامل موثر بر عملکرد است. عملکرد حرکتی می‌تواند تحت تأثیر قیود فرد، محیط و تکلیف قرار گیرد. طبق مدل پیشنهادی نیوول قید مرتبط با تکلیف، قیدی است که بیرون از بدن و وابسته به هدف تکلیف، یا ابزارهای مورد استفاده در انجام یک تکلیف یا مهارت ویژه است. قید مرتبط با فرد شامل ویژگی‌های فیزیکی یا رفتاری فرد است.

قیود محیطی شرایط مرزی فیزیکی بیرون از بدن و مربوط به جهان پیرامون هستند (۱). یکی از قیود اثرگذار بر عملکرد حرکتی، خستگی است. خستگی یک پدیده پیچیده است که به عنوان کاهش ظرفیت برای حداکثر عملکرد و ناتوانی در انجام کاری که زمانی در یک دوره معقول قابل دستیابی بود شناخته می‌شود (۲). مطالعات قبلی بین خستگی شناختی و عصبی عضلانی (۳، ۴)، که به ترتیب ناشی از یک دوره طولانی فعالیت شناختی (۵) و تمرین بدنی (۶) هستند، تمایز قائل شده‌اند. به طور کلی، خستگی عضلانی به عنوان کاهش در توانایی فرد برای اعمال نیرو تعریف می‌شود (۷) که دارای دو نوع محیطی و مرکزی است. خستگی محیطی در عضلات رخ می‌دهد و گروه خاصی از آن‌ها را درگیر می‌کند که در حرکت نقش دارند. این نوع خستگی می‌تواند اتصال عصبی عضلانی، مکانیسم‌های تحریک-انقباض، آزادسازی کلسیم و همچنین تحریک اجزای انقباضی تولیدکننده نیرو را مختل کند (۸). از طرف دیگر، خستگی مرکزی مربوط به قسمت‌های فوقانی مغز و فراخوانی نورون‌های حرکتی آلفا است که بر کل بدن تأثیر می‌گذارد (۹). به عبارت دیگر، فرمان حرکتی در خستگی محیطی کاهش نمی‌یابد اما خستگی مرکزی دستورات حرکتی ارسال شده به عضلات را کاهش می‌دهد و متعاقباً، تنش یا نیروی عضلانی کاهش می‌یابد (۱۰).

علاوه بر این، افراد اغلب زمانی که برای مدت طولانی درگیر یک کار هستند که مستلزم استفاده از عملکردهای شناختی است، خستگی ذهنی را تجربه می‌کنند. خستگی ذهنی منجر به کاهش عملکرد، انگیزه کم‌تر برای ادامه کار و افزایش تعداد و شدت خطاها می‌شود (۱۱). افراد خسته ذهنی معمولاً نمی‌توانند تمرکز کنند یا توجه خود را حفظ کنند و به راحتی حواس‌شان پرت می‌شود که نشان‌دهنده تأثیر خستگی ذهنی بر توجه است (۱۲).

خستگی به عنوان یک اختلال درونی اجتناب‌ناپذیر عمل می‌کند که در تکالیف حرکتی مختلف هم به صورت ذهنی و هم به صورت عضلانی با سهم متفاوت دیده می‌شود. برخی از مطالعات تأثیر خستگی ذهنی یا عضلانی را بر عملکرد، فعالیت الکتریکی عضلانی، نحوه انجام حرکات و همچنین ویژگی‌های کینماتیکی و کینتیکی حرکات، ارزیابی کرده‌اند. نتایج خستگی عضلانی نشان‌دهنده تغییرات در برخی عناصر مانند اوج فعالیت عضلانی (۱۳)، ظرفیت تولید نیروی عضلانی، دقت و سرعت عملکرد بود (۱۴-۱۶). علاوه بر این، این نوع خستگی می‌تواند بر دقت و سرعت حرکات هدفمند تأثیر منفی بگذارد (۱۷). در مقابل، برخی از پژوهشگران تفاوت معنی‌داری را از نظر عملکرد بازیکن در حالت خستگی و استرس فیزیکی در مقایسه با حالت بدون خستگی گزارش نکرده‌اند (۱۸).

در مورد خستگی ذهنی، برخی از مطالعات تأثیر محدود آن را بر قدرت (۱۹-۲۱)، توجه (۲۲) و تکالیف حرکتی که نیاز به دقت دارند (۲۳) نشان داده‌اند. ناتوانی در حفظ تمرکز (۲۲)، مشکل در استفاده صحیح از بازخورد و تنظیم عملکرد پس از خطا (۲۴، ۲۵)، می‌تواند از دلایل تأثیر منفی خستگی ذهنی باشند. برخی دیگر از پژوهشگران تأثیر منفی این خستگی را بر عملکرد حرکات هدفمند، مهارت دستی، زمان‌بندی پیش‌بینی و دقت نشان داده‌اند (۲۳، ۲۶، ۲۷).

پرتاب دارت یک حرکت هدفمند است و همان‌طور که سینگر تمرکز توجه را به عنوان سومین مورد از پنج مرحله کلی برای اجرای موفقیت‌آمیز پیشنهاد کرده است (۲۸)، می‌توانیم توجه را یک عامل اساسی مؤثر بر مهارت هدفمند پرتاب دارت بدانیم.

لازم به ذکر است که افراد خسته ذهنی اغلب در تمرکز، برنامه‌ریزی، تغییر استراتژی‌های سازگار با محیط، آماده‌سازی پاسخ‌ها و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط دچار مشکل می‌شوند (۵، ۱۲، ۲۹). این موارد منعکس‌کننده اثرات خستگی ذهنی بر توجه هستند. بنابراین به نظر می‌رسد خستگی ذهنی می‌تواند بر دقت پرتاب دارت تأثیر بگذارد.

پرتاب دارت، که هم به دقت و هم به تولید نیرو نیاز دارد (۳۰)، یکی از مهارت‌های ورزشی هدفمند است که هدف آن، جای دادن دارت در یک موقعیت خاص روی تخته است. منطقه‌ای که دارت پرتاب شده به تخته برخورد می‌کند به ترکیبی از موقعیت، سرعت و جهت حرکت در لحظه رها شدن دارت بستگی دارد (۳۱). از طرفی یکی از اصول اساسی حرکات انسان، ارتباط میان سرعت و دقت حرکت است. بر اساس اصل مبادله سرعت-دقت در تکالیف نیازمند سرعت و دقت، تلاش برای انجام سریع‌تر حرکت با افزایش احتمال خطا یعنی کاهش دقت فضایی همراه است و به منظور افزایش دقت باید سرعت را کاهش داد. همچنین، تمرکز بیش‌تر روی دقت حرکت باعث آهسته‌تر شدن حرکت می‌شود. زمانی که افراد برای رسیدن به هدف، سرعت را افزایش می‌دهند عملکرد آن‌ها با کاهش دقت همراه می‌شود (۲۶). قانون فیتز بر یک رابطه معکوس بین دشواری حرکت و سرعتی که حرکت می‌تواند انجام شود، دلالت دارد. افزایش دشواری، میزان سرعت را کاهش می‌دهد، به عبارت بهتر زمان حرکت افزایش می‌یابد (۳۲). همان‌طور که در بالا اشاره شد پرتاب دارت، هم به دقت و هم به تولید نیرو نیاز دارد. با افزایش فاصله پرتاب، دشواری تکلیف بیش‌تر شده و نیاز به تولید نیرو افزایش می‌یابد. سوال این‌جا است که آیا این افزایش تولید نیرو با کاهش زمان حرکت و در نتیجه تأثیر بر دقت فضایی پرتاب همراه است؟

با توجه به مباحث مطرح شده، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت انجام شد.

#### روش پژوهش

نظر به ماهیت موضوع مورد مطالعه و سایر ویژگی‌های پژوهش، این مطالعه با راهبرد نیمه آزمایشی و طرح پیش‌آزمون - پس‌آزمون و مداخله متغیر مستقل، از نوع پژوهش کاربردی بود که در آن به تحلیل اثر خستگی ذهنی و عضلانی بر دقت و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت پرداخته شد.

#### نمونه‌های پژوهش

شرکت‌کننده‌های پژوهش حاضر ۱۹ دختر و نه پسر راست دست با میانگین سنی  $28/96 \pm 0/64$  سال، بودند که هیچ‌کدام تجربه منظم در پرتاب دارت نداشتند و به صورت داوطلبانه در پژوهش شرکت کردند. در این پژوهش معیارهای ورود شامل دید طبیعی یا اصلاح شده با عینک، نداشتن هرگونه آسیب یا درد در اندام فوقانی و تحتانی، نداشتن هرگونه بیماری نورولوژیکی، مصرف نکردن مواد مخدر و داروهای روان‌گردان و معیارهای خروج شامل نداشتن خواب شبانه کافی و نرسیدن به شاخص خستگی بود. نشانه خستگی ذهنی، کسب حداقل نمره ۵۰ در مقیاس آنالوگ بینایی (VAS)<sup>۲</sup> و نشانه خستگی عضلانی، کاهش ۵۰ درصدی حداکثر نیروی اندام فوقانی بود.

#### ابزار اندازه‌گیری

- نرم‌افزار تکلیف استروپ<sup>۳</sup>

در این پژوهش از تکلیف استروپ برای ایجاد خستگی ذهنی استفاده شد. این تکلیف شامل واژه‌های رنگارنگ (سبز، آبی، قرمز و زرد) بود که یکی پس از دیگری با رنگی نامتجانس بر صفحه نمایش، ظاهر می‌شدند (مثلاً واژه "سبز" به رنگ آبی). روی صفحه کلید چهار کلید پاسخ به رنگ‌های قرمز، سبز، زرد و آبی وجود داشت. از شرکت‌کنندگان خواسته شد به محض ظاهر شدن هر واژه بر صفحه نمایش، کلید پاسخی را فشار دهند که هم‌رنگ جوهر است (برای مثال، از آن‌ها انتظار می‌رفت که به هنگام ظاهر شدن واژه آبی که به رنگ سبز بود کلید پاسخ سبز را فشار دهند). با این حال، اگر رنگ جوهر قرمز بود، باید کلیدی را فشار می‌دادند که رنگ آن با نام رنگ مطابقت دارد (به عنوان مثال، انتظار می‌رفت که به هنگام ظاهر شدن واژه زرد که به رنگ قرمز بود کلید پاسخ زرد را فشار دهند). ظهور واژه‌ها روی صفحه نمایش کاملاً تصادفی بود و یک چهارم کل مدت زمان تکلیف مربوط به ظهور واژه‌هایی بود که با جوهر قرمز نمایش داده می‌شدند. علاوه بر این، از شرکت‌کنندگان خواسته شد که تا حد امکان سریع و دقیق پاسخ دهند. قبل از شروع تکلیف خستگی ذهنی، ۲۰ کوشش آزمایشی انجام شد تا اطمینان حاصل شود که شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌ها را به درستی درک کرده‌اند (۲۶). بر اساس مطالعات پیشین، مدت زمان انجام این تکلیف برای رسیدن به شاخص خستگی (کسب امتیاز حداقل ۵۰ از مقیاس آنالوگ بینایی) بین ۳۰ تا ۹۰ دقیقه متغیر بود (۲۶، ۳۳). بنابراین پیش از انجام این مداخله، در یک مطالعه اولیه، پنج شرکت‌کننده تکلیف استروپ را به مدت ۹۰ دقیقه انجام دادند تا زمان مناسب برای این مطالعه تعیین شود. این پنج آزمودنی فقط در این مطالعه اولیه حضور داشتند اما دارای ویژگی‌های یکسانی با شرکت‌کنندگان مطالعه حاضر بودند. به عبارت دیگر، آن‌ها جزء ۲۸ شرکت‌کننده اصلی نبودند. از دقیقه ۶۰ به بعد، هر ۱۰ دقیقه یکبار سطح خستگی آن‌ها با VAS ارزیابی شد تا مشخص شود که چه زمانی نشانه خستگی ذهنی به دست می‌آید. بر اساس زمان مشاهده نشانه خستگی ذهنی، مدت زمان تکلیف استروپ برای مطالعه حاضر حداقل ۷۰ دقیقه در نظر گرفته شد. هر واژه به مدت ۱۰۰۰ میلی‌ثانیه روی صفحه نمایش داده می‌شد و سپس یک صفحه خالی به مدت ۱۵۰۰ میلی‌ثانیه قبل از نمایش واژه بعدی ظاهر می‌شد. در مجموع ۱۶۸۰ محرک در طول ۷۰ دقیقه ارائه شد (۳۴).

#### - مقیاس آنالوگ بینایی

در این مطالعه برای سنجش ادراک خستگی ذهنی باید ابزاری به کار گرفته می‌شد که علاوه بر اجرای آسان و نمره‌دهی سریع، در مدت زمان کوتاهی بدون ایجاد فرصت ریکواری تکمیل می‌شد. پرسشنامه مقیاس آنالوگ بینایی این ویژگی‌ها را در بر دارد و سودمندی آن برای اندازه‌گیری خستگی ذهنی توسط مانک نشان داده شده است (۳۵). این مقیاس دارای ۱۸ گویه است که گویه‌های ۱-۵ و ۱۱-۱۸ مربوط به خستگی و گویه‌های ۶-۱۰ مربوط به انرژی است. زیر هر گویه یک خط ۱۰ سانتی‌متری از صفر تا ۱۰ وجود دارد و شرکت‌کننده بر اساس وضعیت فعلی خود یکی از این اعداد را علامت‌گذاری می‌کند. مقدار صفر نشان‌دهنده کم‌ترین میزان خستگی (یا انرژی) و مقدار ۱۰ نشان‌دهنده بیش‌ترین میزان خستگی (یا انرژی) است. ارزیابی‌های روان‌سنجی اولیه انجام شده توسط لی و همکاران پایایی درونی بالایی را از ۰/۹۴ تا ۰/۹۶ نشان داده‌اند. روایی همزمان با مقیاس خواب‌آلودگی استنفورد و مقیاس وضعیت‌های خلقی ایجاد شده است (۳۶).

#### - نیروسنج

به منظور ارزیابی نیروی عضلانی شرکت‌کنندگان در جلسه خستگی عضلانی و در نتیجه سنجش میزان خستگی از



نیروسنج استفاده شد.

#### - کش بدنسازی

برای ایجاد خستگی عضلانی، از یک کش بدنسازی استفاده شد که پرتاب دارت با عضلات درگیر را شبیه‌سازی می‌کرد و ارتفاع اتصال کش متناسب با قد آزمودنی تنظیم می‌شد.

#### - دارت، صفحه دارت و پایه دارت

در پژوهش حاضر از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا پرتاب دارت را اجرا کنند. بنابراین ابزار مورد نیاز برای اجرای این تکلیف شامل دارت، صفحه دارت با مقیاس‌بندی یک تا ۱۰ و پایه دارت به ارتفاع استاندارد ۱/۷۳ بود.

#### روش اجرای پژوهش

پس از انتخاب شرکت‌کنندگان با توجه به معیارهای عنوان شده، هر شخص یک رضایت‌نامه کتبی پرکرد. پیش از جلسه آزمایش، برای هر شرکت‌کننده یک جلسه توجیهی برگزار شد تا با شیوه کار به طور کامل آشنا و زمان‌بندی حضور او در آزمایشگاه برای ثبت جمع‌آوری و ثبت داده مشخص شود. همچنین در جلسه توجیهی به شرکت‌کنندگان دستورالعمل‌های زیر ارائه شد: در مدت ۴۸ ساعت قبل از آزمون تمرینات بدنی شدید نداشته باشید. شب قبل از آزمون کم‌تر از زمان معمول نخوابید. از هر نوع مواد محرک یا دارویی در روز آزمون استفاده نکنید. ۲۴ ساعت قبل از آزمون از هرگونه فعالیت ذهنی که می‌تواند برای شما یک فشار ذهنی یا خستگی و تغییر در روحیه شما ایجاد کند، خودداری کنید.

پروتکل این مطالعه شامل یک مرحله آشنایی و سه شرایط آزمایشی بود. مرحله آشنایی، شامل ارائه دستورالعمل‌هایی در مورد نحوه پرتاب دارت، از جمله نحوه صحیح گرفتن دارت (شکل ۱ الف))، پرتاب دارت، موقعیت قرارگیری نسبت به تخته دارت (شکل ۱ ب)) بود. از شرکت‌کنندگان خواسته شد هنگام پرتاب به پهلو نسبت به تخته دارت بایستند، هر دو پا را عمود بر مسیر هدف قرار دهند و بدون چرخش شانه‌ها دارت را در صفحه فرونتال پرتاب کنند. مطابق شکل ۱ ب))، تخته دارت شامل دایره‌های سیاه و سفید هم مرکز از امتیاز ۱۰ در مرکز تا یک در حاشیه بود. از شرکت‌کنندگان خواسته شد تا مرکز تخته را نشانه بگیرند و سعی کنند دارت را به مرکزی‌ترین دایره بزنند.

پس از دریافت دستورالعمل‌ها، هر شرکت‌کننده ۹۰ پرتاب را در شش بخش ۱۵ کوششی از دو فاصله استاندارد و طولانی اجرا کرد (۳۷). هر بخش شامل پنج بلوک سه کوششی با فاصله استراحت ۳۰ ثانیه بین بلوک‌ها بود (۳۸). لازم به ذکر است که در مجموع از هر فاصله به تعداد برابر پرتاب انجام شد (۴۵ پرتاب از هر فاصله).

در اولین شرایط آزمایشی، از هر شرکت‌کننده خواسته شد تا ۱۴ بلوک سه کوششی را از دو فاصله استاندارد و طولانی به تعداد برابر و کاملاً تصادفی اجرا کند. به منظور جلوگیری از خستگی بین هر بلوک ۳۰ ثانیه استراحت لحاظ شد (۳۸).

شرایط آزمایشی دوم و سوم شامل اجرا در خستگی ذهنی و عضلانی بود. این دو شرایط آزمایشی به صورت کاملاً تصادفی برای شرکت‌کنندگان انتخاب شد به طوری که برای نیمی از شرکت‌کنندگان، موقعیت آزمایشی دوم خستگی ذهنی و موقعیت آزمایشی سوم خستگی عضلانی بود. برای نیمی دیگر، این دو موقعیت جابه‌جا شد.

در موقعیت خستگی عضلانی، ابتدا حداکثر نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان با یک نیرو سنج فنری اندازه‌گیری شد. یک سر نیروسنج به یک میله عمودی ثابت وصل می‌شد تا بتوان محل آن را با توجه به قد شرکت‌کنندگان در سطح شانه آن‌ها تنظیم کرد و یک طناب به انتهای دیگر آن برای سهولت در کشیدن وصل شد. نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان با نگره‌داشتن طناب و کشیدن آن در موقعیتی شبیه به پرتاب دات اندازه‌گیری شد. سپس هر شرکت‌کننده حداقل سه ست از پروتکل خستگی را انجام داد که شامل شبیه‌سازی پرتاب دات با یک نوار الاستیک بود. در پایان هر ست، نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان با نیروسنج فنری اندازه‌گیری شد. پروتکل خستگی تا زمانی که نیروی فردی به ۵۰ درصد از نیروی بیشینه کاهش یافت ادامه داشت (۳۹، ۴۰). سپس دات‌ها در قالب هفت بلوک سه کوششی توسط شرکت‌کنندگان پرتاب شدند. پس از هر بلوک برای پیش‌گیری از ریکاوری در هنگام پرتاب دات، یک ست از پروتکل خستگی اجرا شد. در پایان هفت بلوک، دوباره نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان اندازه‌گیری شد تا اطمینان حاصل شود که در طول پرتاب‌ها خستگی کاهش نیافته است.

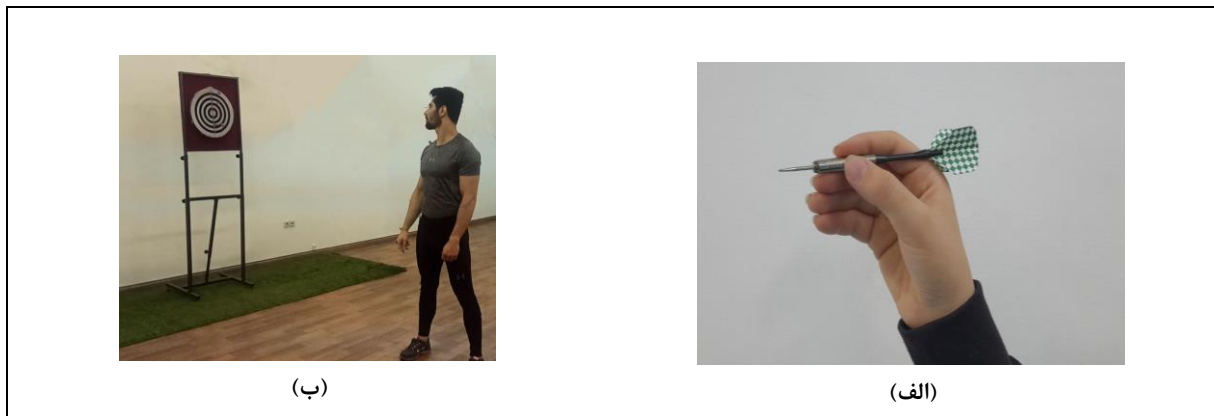
در موقعیت خستگی ذهنی، ابتدا سطح خستگی شرکت‌کنندگان به وسیله VAS که روی یک کاغذ تهیه شده بود و توسط شرکت‌کنندگان در مدت یک دقیقه تکمیل می‌شد، ارزیابی شد. پس از آن، شرکت‌کنندگان به مدت ۷۰ دقیقه تکلیف استروپ را انجام دادند. سپس VAS توسط شرکت‌کنندگان در مدت یک دقیقه تکمیل شد. اگر شرکت‌کنندگان در VAS حداقل ۵۰ امتیاز کسب می‌کردند، به این معنی بود که به سطح موردنظر از خستگی ذهنی رسیده‌اند (۳۴). در غیر این صورت، تکلیف استروپ را ادامه می‌دادند و هر ۱۰ دقیقه یکبار پرسشنامه VAS را تکمیل می‌کردند تا به سطح مورد نظر از خستگی ذهنی برسند. ۲۶ شرکت‌کننده پس از ۷۰ دقیقه و دو شرکت‌کننده پس از ۸۰ دقیقه، امتیاز حداقل ۵۰ را در VAS کسب کردند. پس از آن، شرکت‌کنندگان پرتاب‌ها را در قالب ۱۴ بلوک سه کوششی به صورت کاملاً تصادفی از دو فاصله تعیین شده اجرا کردند. طبق پژوهش اسمیت و همکاران تا ۵۰ دقیقه بعد از اجرای تکلیف استروپ، خستگی ذهنی ادامه دارد و بالاتر از حد پایه است اما پس از گذشت ۱۰ دقیقه تا حدودی خستگی کاهش می‌یابد (۳۴). بنابراین در مطالعه حاضر به منظور پیش‌گیری از ریکاوری در طول پرتاب‌ها، هر شرکت‌کننده پس از بلوک هفتم که کم‌تر از ۱۰ دقیقه به طول می‌انجامید، ۱۵ دقیقه تکلیف استروپ را انجام داد و دوباره میزان خستگی از طریق مقیاس آنالوگ بینایی مورد سنجش قرار گرفت و پس از آن بلوک هشتم تا دهم را اجرا کرد.

لازم به ذکر است که بین شرایط دوم و سوم یک هفته فاصله وجود داشت تا اثرات احتمالی هر گونه خستگی در موقعیت بعدی از بین برود.

## تحلیل آماری

میانگین زمان حرکت و دقت پرتاب (میانگین امتیازها) شرکت‌کنندگان در شش شرایط آزمایشی زیر به طور جداگانه محاسبه شد: ۱. خستگی ذهنی - فاصله استاندارد؛ ۲. خستگی ذهنی - فاصله طولانی؛ ۳. خستگی عضلانی-فاصله استاندارد؛ ۴. خستگی عضلانی - فاصله طولانی؛ ۵. بدون خستگی - فاصله استاندارد و ۶. بدون خستگی - فاصله طولانی. دقت پرتاب از امتیاز شرکت‌کنندگان در کوشش‌های مختلف محاسبه شد و زمان حرکت از اختلاف زمان حداکثر فلکشن آرنج تا حداکثر اکستنشن آرنج در هر پرتاب به دست آمد.

تحلیل‌های آماری با استفاده از بسته نرم افزاری SPSS نسخه ۲۶ انجام شد. پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از چولگی و کشیدگی، از آزمون تحلیل واریانس ۳ (خستگی)  $\times$  ۲ (فاصله پرتاب) با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. طرح طبقه‌بندی مورد استفاده برای اندازه اثر بر اساس طبقه‌بندی کوهن (۰/۰۱ = اثر کوچک، ۰/۰۶ = اثر متوسط، و ۰/۱۴ = اثر بزرگ) بود (۴۱). آزمون تعقیبی بونفرونی نیز برای روشن شدن تفاوت بین شرایط آزمایشی اجرا شد.



شکل ۱: شیوه صحیح گرفتن دارت (الف) و ایستادن (ب).

### ملاحظات اخلاقی

تمام شرکت‌کنندگان با آگاهی از شرایط پژوهش، رضایت‌نامه کتبی پر کردند و در هر مرحله از پژوهش امکان خروج و ادامه ندادن داشتند. همچنین اطلاعات شرکت‌کنندگان کاملاً محرمانه حفظ شد. این مطالعه دارای کد اخلاق از کمیته اخلاق در پژوهش‌های زیستی دانشگاه شهید بهشتی با شماره IR.SBU.REC.1400.157 است.

### یافته‌ها

- اندازه‌های مقیاس آنالوگ بینایی و نیرو

نتایج نیروسنج فنری نشان داد که دامنه میانگین نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان قبل از پروتکل خستگی عضلانی ۶-۱۳/۵ کیلوگرم و بعد از پروتکل خستگی عضلانی ۳-۶/۵ کیلوگرم بود. دامنه امتیاز شرکت‌کنندگان در VAS قبل از خستگی ذهنی ۱۲-۲۴ و بعد از آن ۱۰۱-۱۵۸ بود.

جدول ۱ آمار توصیفی برای نمرات VAS و میانگین نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان را نشان می‌دهد. اندازه‌های نیرو نشان می‌دهد که میانگین نیروی اندام فوقانی شرکت‌کنندگان پس از پروتکل خستگی عضلانی ۵۱/۲۴ درصد کاهش یافته است. از سوی دیگر، بر اساس اندازه‌های به دست آمده از VAS نیز افزایش در نمرات شرکت‌کنندگان پس از خستگی ذهنی مشاهده می‌شود.

جدول ۱. آمار توصیفی نمرات مقیاس آنالوگ بینایی و نیروی اندام فوقانی شرکت‌کننده‌ها

بعد After		قبل Before		
میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation	
۱۲۷/۱۴	۳/۳۸	۱۷/۴۳	۰/۶۹	مقیاس آنالوگ بینایی <sup>۱</sup> Visual analog scale
۴/۳۳	۰/۱۷	۸/۸۸	۰/۳۵	نیروی اندام فوقانی شرکت کنندگان (کیلوگرم نیرو) <sup>۲</sup> Participant's upper limb force (kgf)

<sup>۱</sup> قبل و بعد از خستگی ذهنی  
<sup>۲</sup> قبل و بعد از خستگی عضلانی

اندازه‌های دقت و زمان حرکت

جدول ۲ آمار توصیفی دقت پرتاب و زمان حرکت را برای شرایط آزمایشی مختلف نشان می‌دهد. امتیاز شرکت کنندگان از موقعیت بدون خستگی به خستگی ذهنی و سپس خستگی عضلانی کاهش یافته است. همچنین این کاهش دقت در فاصله طولانی نسبت به فاصله استاندارد نیز دیده می‌شود. از سوی دیگر میانگین زمان حرکت در فاصله طولانی نسبت به فاصله استاندارد با کاهش و در موقعیت خستگی عضلانی نسبت به شرایط بدون خستگی و خستگی ذهنی با افزایش همراه بوده است.

جدول ۲. آمار توصیفی دقت پرتاب و زمان حرکت بر اساس شرایط آزمایشی

بدون خستگی Non-fatigue		خستگی ذهنی Mental fatigue		خستگی عضلانی Muscular fatigue		
میانگین ± انحراف استاندارد M ± SD		میانگین ± انحراف استاندارد M ± SD		میانگین ± انحراف استاندارد M ± SD		
فاصله طولانی Long distance	فاصله استاندارد Standard distance	فاصله طولانی Long distance	فاصله استاندارد Standard distance	فاصله طولانی Long distance	فاصله استاندارد Standard distance	
۳/۱۰ ± ۱/۰۱	۵/۳۴ ± ۰/۹۴	۲/۳۸ ± ۱/۲۱	۴/۸۹ ± ۱/۱۷	۱/۴۱ ± ۰/۹۶	۳/۷۶ ± ۱/۱۷	دقت پرتاب Throw accuracy
۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۲۰ ± ۰/۰۳	۰/۱۹ ± ۰/۰۲	۰/۲۰ ± ۰/۰۲	۰/۲۱ ± ۰/۰۳	۰/۲۲ ± ۰/۰۳	زمان حرکت (ثانیه) Movement time (s)

به منظور ارزیابی دقت پرتاب و نیز زمان حرکت از آزمون تحلیل واریانس ۳ (خستگی) × ۲ (فاصله پرتاب) با اندازه‌گیری‌های مکرر در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج آزمون کرویت ماچلی در جدول ۳ آورده شده است. در موارد نقض کرویت ( $p < ۰/۰۵$ ) نتایج آزمون گرین‌هاوس-گیسر گزارش شده است.

جدول ۳. نتایج تحلیل آماری برای دقت پرتاب و زمان حرکت

تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر Variance analysis with repeated measures				آزمون کرویت ماچلی Mauchly's test of sphericity		دقت پرتاب Throw accuracy
معنی‌داری p-value	F	درجه آزادی ۲ df <sub>2</sub>	درجه آزادی ۱ df <sub>1</sub>	درجه آزادی df	معنی‌داری p-value	
۰/۰۰۱*	۳۷/۰۴	۴۴/۰۸	۱/۶۳	۲	۰/۰۳۶	خستگی Fatigue
۰/۰۰۱*	۲۵۹/۷۱	۲۷	۱	۰		فاصله پرتاب Throw distance
۰/۴۰۱	۰/۹۳	۵۴	۲	۲	۰/۴۶۱	خستگی * فاصله پرتاب Fatigue* Throw distance
۰/۰۰۱*	۳۰/۹۸	۴۴/۱۸	۱/۶۳	۲	۰/۰۳۸	خستگی زمان حرکت (ثانیه)

						Fatigue	Movement time (s)
۰/۰۰۱*	۳۶/۳۲	۲۷	۱	۰		فاصله پرتاب Throw distance	
۰/۹۰۹	۰/۰۹	۵۴	۲	۲	۰/۲۰۶	خستگی*فاصله پرتاب Fatigue* Throw distance	

\*  $p < ۰/۰۵$

اثر اصلی خستگی بر دقت پرتاب معنی‌دار بود ( $F(۱/۶۳, ۴۴/۰۸) = ۳۷/۰۴, p = ۰/۰۰۱, \eta^2 = ۰/۵۸$ ). به عبارت دیگر، بین دقت پرتاب دارت در سه شرایط خستگی ذهنی، خستگی عضلانی و غیرخستگی تفاوت معنی‌داری وجود داشت که در آن از آزمون تعقیبی بونفرونی برای روشن شدن تفاوت بین این شرایط استفاده کردیم. بر اساس نتایج آزمون بونفرونی، میانگین دقت پرتاب دارت در موقعیت خستگی عضلانی به طور معنی‌داری کمتر از موقعیت خستگی ذهنی ( $p = ۰/۰۰۱$ ) و موقعیت غیرخستگی ( $p = ۰/۰۰۱$ ) بود. همچنین دقت پرتاب دارت در موقعیت خستگی ذهنی به طور معنی‌داری کمتر از شرایط غیرخستگی بود ( $p = ۰/۰۰۱$ ).

اثر اصلی فاصله پرتاب بر دقت پرتاب نیز معنی‌دار بود ( $F(۱, ۲۷) = ۲۵۹/۷۱, p = ۰/۰۰۱, \eta^2 = ۰/۹۱$ ). به عبارت دیگر، بین دقت پرتاب دارت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که میانگین دقت پرتاب دارت از فاصله استاندارد بیش‌تر از فاصله طولانی بود.

تعامل معنی‌داری بین خستگی و فاصله پرتاب مشاهده نشد ( $F(۲, ۵۴) = ۰/۹۳, p = ۰/۴۰۱, \eta^2 = ۰/۰۳$ ).

در نتایج حاصل از تحلیل آماری زمان حرکت مشاهده شد که اثر اصلی خستگی بر زمان حرکت معنی‌دار بود ( $\eta^2 = ۰/۵۳$ ). به عبارت دیگر، بین زمان حرکت در سه شرایط خستگی ذهنی، خستگی عضلانی و غیرخستگی تفاوت معنی‌داری وجود داشت که در آن از آزمون تعقیبی بونفرونی برای روشن شدن تفاوت بین این شرایط استفاده کردیم. بر اساس نتایج آزمون بونفرونی، میانگین زمان حرکت در موقعیت خستگی عضلانی به طور معنی‌داری بیش‌تر از موقعیت خستگی ذهنی ( $p = ۰/۰۰۱$ ) و موقعیت بدون خستگی ( $p = ۰/۰۰۱$ ) بود. اما بین زمان حرکت در دو موقعیت خستگی ذهنی و بدون خستگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ( $p = ۰/۰۰۱$ ).

اثر اصلی فاصله پرتاب بر زمان حرکت نیز معنی‌دار بود ( $F(۱, ۲۷) = ۳۶/۳۲, p = ۰/۰۰۱, \eta^2 = ۰/۵۷$ ). به عبارت دیگر، بین زمان حرکت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری که میانگین زمان

حرکت در فاصله استاندارد بیش تر از فاصله طولانی بود.

تعامل معنی داری بین خستگی و فاصله پرتاب مشاهده نشد ( $F(2, 54) = 0/09, p = 0/909, \eta^2 = 0/01$ ).

### بحث و نتیجه گیری

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر فاصله پرتاب، خستگی ذهنی و خستگی عضلانی بر دقت پرتاب و زمان حرکت در مهارت پرتاب دارت پرداخته است. نتایج، اولین فرضیه این پژوهش که دقت پرتاب دارت در افراد با خستگی ذهنی یا عضلانی کاهش می یابد را تایید کرد. شرکت کنندگان در هر دو شرایط خستگی ذهنی و عضلانی در پرتاب دارت امتیاز کمتری نسبت به شرایط بدون خستگی کسب کردند. همچنین، کاهش دقت بیش تری در وضعیت خستگی عضلانی در مقایسه با وضعیت خستگی ذهنی مشاهده شد.

نتایج مطالعه حاضر را می توان با از دست دادن کنترل توجه بر بازخورد پس از خطا توضیح داد که منجر به اختلال در نظارت بر عملکرد و تنظیم ناکافی عمل می شود (۲۵). در حین پرتاب، انحرافات در قسمت های پروگزیمال اندام رخ می دهد و این انحرافات را می توان با مفاصل دیستال تر از طریق "تغییرپذیری جبرانی"<sup>۴</sup> جبران کرد (۴۲). برای این کار، بازخورد حس عمقی مفاصل ضروری است (۴۲)، از سوی دیگر، خستگی عضلانی بر حس عمقی مفاصل تأثیر منفی می گذارد (۴۳). به گفته لوریست و همکاران، افراد خسته اشتباهات خود را کم تر تصحیح می کنند و تنظیم عملکرد پس از خطا مختل می شود (۲۵). علاوه بر این، بوکسم و همکاران، بیان کرده اند که افراد خسته در تنظیم عملکرد پس از خطا دچار اختلال می شوند (۲۴). به نظر می رسد ناتوانی افراد در تخصیص کارآمد توجه یکی از دلایل اصلی تأثیر خستگی ذهنی بر عملکرد است که می تواند توجیه دیگری برای نتایج پژوهش حاضر باشد. توجه به احساس خستگی، فرد را از توجه همزمان به انجام بهینه

تکلیف باز می‌دارد. این مدل به عنوان مدل پردازش اطلاعات موازی شناخته می‌شود (۴۴). همچنین با توجه به نظریه باریکی ادراکی ایستبروک نیز توجه به خستگی ذهنی به وجود آمده از توجه همزمان به بهینه انجام دادن تکلیف جلوگیری می‌کند، بنابراین می‌توان انتظار داشت که به وجود آمدن خستگی ذهنی، توجه به بهینه انجام دادن تکلیف را کاهش می‌دهد و در نهایت منجر به مختل شدن عملکرد می‌شود. در این راستا وندر لپندن و همکاران نشان دادند افراد خسته در تمرکز توجه، برنامه‌ریزی و تغییر استراتژی‌های سازگاران در مواجهه با پیامدهای منفی با مشکل مواجه هستند (۱۲، ۲۹). باکسم و همکاران (۲۲، ۲۴)، گزارش کردند افراد خسته در آماده‌سازی پاسخ‌ها، حفظ توجه و نادیده گرفتن اطلاعات نامربوط دچار مشکل می‌شوند و از افزایش حواس‌پرتی رنج می‌برند.

با توجه به نتیجه دیگر این پژوهش، زمان حرکت در موقعیت خستگی عضلانی به صورت معنی‌داری بیش‌تر از موقعیت بدون خستگی و خستگی ذهنی بود. اما بین خستگی ذهنی و بدون خستگی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. سرعت حرکت نتیجه فیزیکی اعمال نیرو به جرم است. با فرض ثابت ماندن جرم، اگر نیرو کاهش یابد، سرعت نیز کاهش می‌یابد (۴۵). در پژوهش حاضر پس از پروتکل خستگی عضلانی، نیروی شرکت‌کنندگان به ۵۰ درصد حداکثر نیرو کاهش یافت. بنابراین افزایش زمان حرکت مشاهده شد.

در مورد تأثیرناپذیری زمان حرکت از خستگی ذهنی، یافته‌های مطالعه ون‌کستم و همکاران (۴۶)، نشان داده است خستگی ذهنی نمی‌تواند متغیرهای فیزیولوژیکی از جمله قدرت را تحت تأثیر قرار دهد و از آن‌جا که این مؤلفه‌های فیزیولوژیکی از جمله قدرت یکی از عوامل تعیین‌کننده در ایجاد سرعت بالا هستند، پس به نظر می‌رسد این‌که در موقعیت خستگی ذهنی، زمان حرکت پرتاب دارت تفاوت معنی‌داری نکرده است، قابل توجه است. چرا که خستگی ذهنی به جای مکانیسم‌های قلبی تنفسی و عضلانی، عملکرد ورزشی را از طریق ادراک تلاش بیش‌تر محدود می‌کند (۴۷).

نتایج پژوهش نشان داد بین دقت پرتاب دارت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که میانگین دقت پرتاب دارت از فاصله استاندارد بیش‌تر از فاصله طولانی بود. همچنین نتایج نشان داد بین زمان حرکت در دو فاصله استاندارد و طولانی تفاوت معنی‌داری وجود داشت و میانگین زمان حرکت در فاصله طولانی کم‌تر از فاصله استاندارد بود. به عبارتی با افزایش فاصله پرتاب، هم‌زمان با کاهش مدت زمان حرکت، دقت پرتاب نیز کاهش یافت. در فاصله طولانی شرکت‌کنندگان برای رساندن دارت به تخته نیازمند نیروی بیش‌تری بودند. به نظر می‌رسد شرکت‌کنندگان با کاهش زمان حرکت و در واقع افزایش سرعت، نیروی مورد نیاز برای پرتاب را به دست آوردند. بنابراین با توجه به مبادله سرعت - دقت، وقتی زمان حرکت در فاصله طولانی کاهش یافت، دقت پرتاب نیز با کاهش همراه بود.

## پی‌نوشت‌ها

<sup>1</sup> Exercise

<sup>2</sup> Visual Analog Scale

<sup>3</sup> Stroop Task

<sup>4</sup> Compensatory Variability

منابع

- Newell K. Constraints on the development of coordination. Motor development in children: 1. Aspects of coordination and control. 1986.
- Russell S, Jenkins D, Halson S, Kelly V. Changes in subjective mental and physical fatigue 2. during netball games in elite development athletes. Journal of Science and Medicine in Sport. 2020;23(6):615-20.
- Branscheidt M, Kassavetis P, Anaya M, Rogers D, Huang HD, Lindquist MA, et al. Fatigue 3. induces long-lasting detrimental changes in motor-skill learning. Elife. 2019;8:e40578.
- Taylor JL. Motor control and motor learning under fatigue conditions. Routledge handbook 4. of motor control and motor learning: Routledge; 2013. p. 358-88.
- Boksem MA, Tops M. Mental fatigue: costs and benefits. Brain research reviews. 5. 2008;59(1):125-39.
- Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. Physiological reviews. 6. 2001.
- Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. 7. The Journal of physiology. 2008;586(1):11-23.
- Joseph H, Katleen M. Biomechanical basis of human movement. US: Lippincott Williams 8. &Wilkins. 2009.
- Fitts RH. Muscle fatigue: the cellular aspects. The American journal of sports medicine. 9. 1996;24(6\_suppl):S9-S13.
- Arendt-Nielsen L, Sinkjær T. Quantification of human dynamic muscle fatigue by 10. electromyography and kinematic profiles. Journal of Electromyography and Kinesiology. 1991;1(1):1-8.
- Van der Linden D. The urge to stop: The cognitive and biological nature of acute mental 11. fatigue. 2011.
- Van der Linden D, Eling P. Mental fatigue disturbs local processing more than global 12. processing. Psychological research. 2006;70(5):395-402.
- Huysmans M, Hoozemans M, Van der Beek A, De Looze M, Van Dieën J. Fatigue effects on 13. tracking performance and muscle activity. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2008;18(3):410-9.
- Filipas L, Ferioli D, Banfi G, La Torre A, Vitale JA. Single and combined effect of acute sleep 14. restriction and mental fatigue on basketball free-throw performance. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2021;16(3):415-20.
- Le Mansec Y, Pageaux B, Nordez A, Dorel S, Jubeau M. Mental fatigue alters the speed and 15. the accuracy of the ball in table tennis. Journal of sports sciences. 2018;36(23):2751-9.
- Suzuki H, Swanik KA, Huxel KC, Kelly JD, Swanik CB. Alterations in upper extremity motion 16. after scapular-muscle fatigue. Journal of Sport Rehabilitation. 2006;15(1):71-88.
- Missenard O, Mottet D, Perrey S. Adaptation of motor behavior to preserve task success in 17. the presence of muscle fatigue. Neuroscience. 2009;161(3):773-86.
- Lidor R, Arnon M, Hershko Y, Maayan G, Falk B. Accuracy in a volleyball service test in rested 18. and physical exertion conditions in elite and near-elite adolescent players. Journal of strength and conditioning research. 2007;21(3):937.
- Martin K, Thompson KG, Keegan R, Ball N, Rattray B. Mental fatigue does not affect maximal 19. anaerobic exercise performance. European journal of applied physiology. 2015;115(4):715-25.
- Pageaux B, Marcora SM, Lepers R. Prolonged mental exertion does not alter neuromuscular 20. function of the knee extensors. Med Sci Sports Exerc. 2013;45(12):2254-64.



- Rozand V, Pageaux B, Marcora SM, Papaxanthis C, Lepers R. Does mental exertion alter maximal muscle activation? *Frontiers in human neuroscience*. 2014;8:755. 21.
- Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Effects of mental fatigue on attention: an ERP study. *Cognitive brain research*. 2005;25(1):107-16. 22.
- Duncan MJ, Fowler N, George O, Joyce S, Hankey J. Mental fatigue negatively influences manual dexterity and anticipation timing but not repeated high-intensity exercise performance in trained adults. *Research in Sports Medicine*. 2015;23(1):1-13. 23.
- Boksem MA, Meijman TF, Lorist MM. Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biological psychology*. 2006;72(2):123-32. 24.
- Lorist MM, Boksem MA, Ridderinkhof KR. Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*. 2005;24(2):199-205. 25.
- Rozand V, Lebon F, Papaxanthis C, Lepers R. Effect of mental fatigue on speed-accuracy trade-off. *Neuroscience*. 2015;297:219-30. 26.
- Smith MR, Coutts AJ, Merlini M, Deprez D, Lenoir M, Marcora SM. Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(2):267-76. 27.
- Singer RN. Sports performance: A five-step mental approach. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*. 1986;57(4):82-5. 28.
- Van der Linden D, Frese M, Meijman TF. Mental fatigue and the control of cognitive processes: effects on perseveration and planning. *Acta psychologica*. 2003;113(1):45-65. 29.
- Nakagawa J, An Q, Ishikawa Y, Oka H, Takakusaki K, Yamakawa H, et al. Analysis of human motor skill in dart throwing motion at different distance. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*. 2015;8(1):79-85. 30.
- Smeets JB, Frens MA, Brenner E. Throwing darts: timing is not the limiting factor. *Experimental Brain Research*. 2002;144(2):268-74. 31.
- Van Veen V, Krug MK, Carter CS. The neural and computational basis of controlled speed-accuracy tradeoff during task performance. *Journal of cognitive neuroscience*. 2008;20(11):1952-65. 32.
- Behrens M, Mau-Moeller A, Lischke A, Katlun F, Gube M, Zschorlich V, et al. Mental fatigue increases gait variability during dual-task walking in old adults. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2018;73(6):792-7. 33.
- Smith MR, Chai R, Nguyen HT, Marcora SM, Coutts AJ. Comparing the effects of three cognitive tasks on indicators of mental fatigue. *The Journal of psychology*. 2019;153(8):759-83. 34.
- Monk TH. A visual analogue scale technique to measure global vigor and affect. *Psychiatry research*. 1989;27(1):89-99. 35.
- Lee KA, Hicks G, Nino-Murcia G. Validity and reliability of a scale to assess fatigue. *Psychiatry research*. 1991;36(3):291-8. 36.
- Ong NT, Lohse KR, Hodges NJ. Manipulating target size influences perceptions of success when learning a dart-throwing skill but does not impact retention. *Frontiers in psychology*. 2015;6:1378. 37.
- Lohse KR, Sherwood DE, Healy AF. How changing the focus of attention affects performance, kinematics, and electromyography in dart throwing. *Human movement science*. 2010;29(4):542-55. 38.
- Johnston 3rd R, Howard ME, Cawley PW, Losse GM. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30(12):1703-7. 39.
- Orishimo KF, Kremenic IJ, Mullaney MJ, McHugh MP, Nicholas SJ. Adaptations in single-leg hop biomechanics following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2010;18(11):1587-93. 40.
- cohen JW. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988. 41.

- Robins R, Wheat J, Irwin G, Bartlett R. The effect of shooting distance on movement variability in basketball. Journal of Human Movement Studies. 2006;50(4):217-38. 42.
- Proske U. Exercise, fatigue and proprioception: A retrospective. Experimental brain research. 2019;237(10):2447-59. 43.
- Langner R, Steinborn MB, Chatterjee A, Sturm W, Willmes K. Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance. Acta psychologica. 2010;133(1):64-72. 44.
- Alderman RB. Influence of local fatigue on speed and accuracy in motor learning. Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation. 1965;36(2):131-40. 45.
- Van Cutsem J, Marcora S, De Pauw K, Bailey S, Meeusen R, Roelands B. The effects of mental fatigue on physical performance: a systematic review. Sports medicine. 2017;47(8):1569-88. 46.
- Pageaux B, Lepers R. The effects of mental fatigue on sport-related performance. Progress in brain research. 2018;240:291-315. 47.

