

Research Paper

The Effect of Caffeine Intake on Rehabilitation of Functional Performance Following Induced Fatigue in Young Female Handball Players



Negar Yazdani<sup>1</sup>, Mehrdad Fathi<sup>1\*</sup>, Mohammad Mosaferi Zia-al-Dini<sup>1</sup>

1. Professor, Sport Physiology Department, Faculty of Sports Science, Mashhad, Iran.

Use your device to scan  
and read the article online



**Citation** Yazdani N, Fathi M, Mosaferi Zia-al-Dini M. [The Effect of Caffeine Intake on Rehabilitation of Functional Performance Following Induced Fatigue in Young Female Handball Players (Persian)]. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2025; 24(4):368-382. 10.32592/jsmj.24.2.114

<https://doi.org/10.22118/jsmj.2025.527312.3919>

**ABSTRACT**

**Background and Objectives** Caffeine is recognized as an effective stimulant for enhancing physical performance and reducing fatigue. However, its effects may have particular significance and complexity in girls due to specific physiological differences. The present study aimed to investigate the effect of caffeine intake on rehabilitation of functional performance following induced fatigue in young female handball players.

**Subjects and Methods** This semi-experimental study involved 16 young female handball players who participated in a crossover design with a one-week washout period. Participants received either a caffeine supplement (6 mg/kg body weight, mixed with maltodextrin) or a placebo (maltodextrin) in a single-blind manner. The variables measured included peak leg explosive power, handgrip strength, peak anaerobic power, fatigue index, as well as shooting speed and accuracy in both stationary and jump shots.

**Results** Acute caffeine supplementation led to significant improvements in peak explosive power, handgrip strength, lower limb power, and shooting accuracy following fatigue induction in young female handball players ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion** Acute intake of caffeine at a dose of 6 mg/kg body weight significantly enhances physical performance and facilitates recovery after fatigue in young female handball players. These findings suggest that caffeine can serve as an effective supplement for improving physical and skill-based performance in female athletes.

**Keywords** Caffeine supplementation, Fatigue index, Physical performance

Received: 30 March 2025  
Accepted: 9 September 2025

**\* Corresponding Author:**

Mehrdad Fathi

Address: Associate Professor Department of Audiology, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Tel: 09152570058

E-Mail: [Mfathei@um.ac.ir](mailto:Mfathei@um.ac.ir)

## Extended Abstract

### Introduction

**C**affeine (1,3,7-trimethylxanthine) is a widely recognized central nervous system stimulant. It is naturally found in coffee beans, tea leaves, and other plants, and is one of the commonly consumed psychoactive substances worldwide. Its primary mechanism involves blocking adenosine receptors, which play a key role in regulating fatigue and sleep, thereby enhancing alertness and reducing perceived fatigue. Additionally, caffeine can inhibit phosphodiesterase, increase cyclic adenosine monophosphate (cAMP) levels, stimulate catecholamine release, and suppress gamma-aminobutyric acid (GABA) receptors. It also affects ion channels, particularly in muscle myocytes, by releasing calcium from the sarcoplasmic reticulum, which can improve muscle speed and power. However, increased calcium mobilization may slow muscle relaxation and impair the restoration of muscular homeostasis. Caffeine's ability to enhance adrenaline secretion, calcium release, and reduce pain perception is directly linked to improved athletic performance, although optimal dosing and timing remain debated. Effective doses are typically 3–6 mg/kg body weight, with factors such as sex, genotype, habitual intake, and training status influencing its ergogenic effects. Research has shown that a caffeine intake of 6 mg/kg significantly improves muscle strength. Specifically, it increases maximal voluntary isometric contraction by approximately 9.5% and submaximal contraction by 15%. Importantly, this effect is similar for both men and women, and it does not significantly alter fatigue indices. Handball, a high-intensity team sport, demands physical attributes such as strength, speed, endurance, and rapid recovery. Young female handball players may respond differently to stimulants due to hormonal and physiological differences as well as training status. Despite caffeine's known ergogenic potential, there is limited research on its effects on young female athletes under induced fatigue conditions typical of team sports. Therefore, investigating the acute effects of caffeine supplementation on physical and motor performance in this population can inform nutritional strategies and optimize training outcomes. The present study aimed to examine the influence of acute caffeine intake on enhancing performance and fatigue among young female handball players.

### Methods

This semi-experimental study employed a pretest-posttest crossover design to investigate the acute effects of caffeine supplementation on physical and motor performance in young female handball players. Sixteen semi-professional players from Alborz Province, aged 18–24 years with 3–5 years of handball experience participated in this study. They were recruited using convenient

sampling and randomly assigned to receive either the caffeine supplement or placebo group. Participants were instructed to maintain their usual training routines throughout the study and to abstain from any caffeine-containing foods or beverages for 48 hours prior to testing. Baseline measurements included handgrip strength, lower-limb explosive power, anaerobic power, and fatigue index, assessed using standardized tests. The supplement group ingested caffeine at 6 mg/kg body weight mixed with a maltodextrin-based drink, while the placebo group received maltodextrin only. Subsequently, a fatigue-inducing training protocol was performed to elicit central and peripheral fatigue. The protocol included a 15-minute general and sport-specific warm-up, followed by four sets of an eight-station circuit with progressively reduced recovery intervals between rounds (80 s, 40 s, 20 s, and 10 s), with three minutes of rest between sets. The exercises included push-ups, dribbling sprints, passing drills, defensive runs, directional changes, diagonal running, and shooting drills, executed in a 12×12 m handball court. Fatigue was assessed using a visual analog scale ranging from 0 (no fatigue) to 100 (complete fatigue). Shooting speed was measured using Kinovea software, with the best of three stationary shots recorded. Shooting accuracy was evaluated via the Zain handball shooting test, dividing the goal into nine scoring zones with a maximum score of 40. Upper- and lower-limb strength was measured with Takei and Yagami dynamometers, while anaerobic power was assessed using the RAST protocol. Rate of perceived exertion (RPE) was recorded on a 6–20 scale immediately after fatigue protocol completion. Data normality and homogeneity of variance were tested using Shapiro-Wilk and Levene's tests, respectively. Repeated measures ANOVA was performed using SPSS v26, with the significance level set at  $P < 0.05$ .

### Results

According to the results of the repeated-measures analysis of variance (Table 2), the effect of time on lower-limb strength, perceived exertion, shooting accuracy in the stationary position, and shooting accuracy in the jumping position was significant ( $P = 0.001$ ,  $0.006$ ,  $0.007$ , and  $0.002$ , respectively). Additionally, the effect of group on handgrip strength and shooting accuracy in the stationary position was significant ( $P = 0.002$  for both). The time × group interaction effect was also significant for lower-limb strength, dominant handgrip strength, peak anaerobic power, shooting accuracy

in the stationary position, and shooting accuracy in the jumping position ( $P = 0.011, 0.002, 0.011, 0.024, \text{ and } 0.025$ , respectively).

### Conclusion

The present study demonstrated that acute caffeine supplementation following fatigue induction can significantly enhance physical and motor performance in young female athletes. This improvement includes increased peak explosive power, upper-limb isometric strength, lower-limb strength, and accuracy in skill performance. The study results indicate that caffeine, as an effective stimulant with multiple mechanisms—including adenosine receptor antagonism, increased calcium release, and enhanced central nervous system activity—leads to increased alertness, reduced perceived fatigue, and improved muscle response and skill performance. Therefore, caffeine supplementation can be considered an effective complementary strategy to enhance motor and physical performance in female athletes, particularly under fatigue conditions. However, attention to the dosage and individual athlete conditions is essential when using this supplement.

### Ethical Considerations

#### Compliance with ethical guidelines

This study was derived from a master's thesis and was conducted with the approval of the Bioethics Committee of Ferdowsi University of Mashhad (Ethics Approval Code: IR.UM.REC.1403.075).

#### Funding

Acute caffeine supplementation increased and improved peak explosive power, grip strength, lower limb strength and shot accuracy following fatigue induction in young handball girls.

#### Author's contributions

First author: drafting the manuscript, data collection, and writing the manuscript Second author: providing the research idea and final review Third author: data analysis and initial review

#### Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Acknowledgements

We would like to express our sincere gratitude to all participants who took part in this study.

## مقاله پژوهشی

# اثر مصرف کافئین بر بازتوانی توان عملکردی پس از خستگی القاشده در دختران هندبالیست جوان

نگار یزدانی<sup>۱</sup>، مهرداد فتحی<sup>۱\*</sup>، محمد مسافری ضیاءالدینی<sup>۱</sup>

۱. گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

Use your device to scan  
and read the article online



**Citation** Yazdani N, Fathi M, Mosaferi Zia-al-Dini M. [The Effect of Caffeine Intake on Rehabilitation of Functional Performance Following Induced Fatigue in Young Female Handball Players (Persian)]. *Jundishapur Scientific Medical Journal*. 2025; 24(4):368-382. 10.32592/jsmj.24.2.114

<http://www.doi.org/10.32592/jsmj.24.2.114>

## چکیده



**زمینه و هدف:** کافئین به عنوان یک محرک مؤثر در بهبود عملکرد جسمانی و کاهش خستگی شناخته شده است، اما تأثیرات آن ممکن است در زنان به دلیل تفاوت‌های فیزیولوژیکی خاص، اهمیت و پیچیدگی‌های ویژه‌ای داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر مصرف کافئین بر بازتوانی توان عملکردی پس از خستگی القاشده در دختران هندبالیست بود.

**روش بررسی:** در این پژوهش نیمه تجربی، ۱۶ دختر هندبالیست در یک طرح متقاطع با فاصله یک هفته به صورت یک سوکور مکمل کافئین (۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به صورت مخلوط با مالتودکسترین) یا دارونما (مالتودکسترین) را دریافت کردند. متغیرهای توان انفجاری پاها، قدرت پنجه دست، توان بی‌هوازی اوج، شاخص خستگی و سرعت شوت و دقت شوت در حالت ثابت و پرش اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** مصرف حاد مکمل کافئین سبب افزایش و بهبود متغیرهای توان انفجاری اوج، قدرت پنجه دست، قدرت اندام تحتانی، و همچنین دقت شوت به دنبال القای خستگی در دختران هندبالیست جوان شد ( $P < 0.05$ ).

**نتیجه‌گیری:** مصرف حاد مکمل کافئین با دوز ۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به طور معنی‌داری باعث بهبود عملکرد جسمانی و همچنین بهبود عملکرد پس از القای خستگی در دختران هندبالیست جوان شد. این نتایج نشان می‌دهد کافئین می‌تواند به عنوان یک مکمل مؤثر در افزایش عملکرد جسمانی و مهارتی در ورزشکاران زن استفاده شود.

**کلیدواژه‌ها:** مکمل کافئین، شاخص خستگی، عملکرد جسمانی

تاریخ دریافت: ۹ خرداد ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش: ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

\* نویسنده مسئول:

مهرداد فتحی

نشانی: گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

تلفن: ۰۹۱۵۲۵۷۰۰۵۸

رایانامه: [Mfathei@um.ac.ir](mailto:Mfathei@um.ac.ir)

## مقدمه

کافئین (۱،۳،۷-تری متیل گزانتین) یکی از شناخته شده ترین محرک های سیستم عصبی مرکزی است. این ماده به طور طبیعی در دانه های قهوه، برگ های چای و سایر گیاهان یافت می شود و مصرف آن در سراسر جهان رایج است. کافئین با مهار گیرنده های آدنوزین، که نقش مهمی در تنظیم خستگی و خواب دارند، باعث افزایش هوشیاری و کاهش احساس خستگی می شود (۱). مهم ترین مکانیسم کافئین مسدود کردن گیرنده های آدنوزین است که به افزایش هوشیاری و افزایش احتمالی جذب فیبر عضلانی کمک می کند (۲). علاوه بر این، کافئین توانایی مهار فسفودی استراز را دارد که باعث افزایش غلظت آدنوزین مونو فسفات حلقوی، افزایش آزادسازی کاتکول آمین (۳)، و مهار گیرنده های گاما آمینوبوتیریک اسید<sup>۱</sup> می شود (۴).

وجود کافئین همچنین می تواند کانال های یونی، به ویژه در میوسیت های عضلانی (۵) را باز کند و ذخیره کلسیم را در شبکه سارکوپلاسمی آزاد کند و در نتیجه سرعت و قدرت عضلانی را بهبود بخشد (۶). با این حال، افزایش تحرک یون های کلسیم تحت تأثیر کافئین باعث کند شدن آرامش عضلانی می شود (۷). علاوه بر این، عضلات در معرض کافئین توانایی کمتری برای بازگرداندن هموستاز نشان دادند (۸).

به نظر می رسد توانایی کافئین برای افزایش ترشح آدرنالین، آزادسازی یون های کلسیم، و کاهش درک درد به طور مستقیم با بهبود عملکرد ورزشی مرتبط باشد؛ با این حال، گزارش های متناقضی در مورد دوز بهینه کافئین و زمان مصرف برای دستیابی به حداکثر بهره وری وجود دارد (۹). براساس مطالعات، مؤثرترین دوزهای کافئین معمولاً بین سه تا شش میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از بدن متغیر است (۱۰). عوامل زیادی می توانند بر اثرات ارگوژنیک کافئین در عملکرد ورزشی تأثیر مانند جنسیت، ژنوتیپ، مصرف همیشگی، و وضعیت تمرین بگذارند (۱۱). مطالعات گزارش کرده اند مصرف کافئین با دوز ۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن بدن، موجب افزایش انقباض ایزومتریک ارادی بیشینه به میزان ۵/۹٪ و افزایش انقباض ایزومتریک ارادی زیربیشینه به میزان ۱۵/۵٪ می شود، درحالی که تأثیر معناداری بر شاخص خستگی ندارد. همچنین، هیچ تفاوت معناداری در پاسخ به کافئین بین زنان و مردان مشاهده نشده است. این یافته ها نشان می دهد مصرف کافئین با دوز ۶ میلی گرم بر کیلوگرم باعث بهبود توان عضلانی و استقامت عضلانی می شود و اثرات انرژی زای آن بر عملکرد عضلانی تحت تأثیر جنسیت قرار نمی گیرد (۱۲).

هندبال، به عنوان یکی از ورزش های تیمی پرتحرک، نیازمند توانایی های

جسمانی بالا مانند قدرت، سرعت، استقامت، و بازیابی سریع پس از خستگی است (۱۳). دختران هندبالیست جوان به دلیل تغییرات هورمونی و ویژگی های فیزیولوژیکی خاص خود و همچنین سطح آمادگی جسمانی، ممکن است نسبت به عوامل محرک مانند مکمل های تغذیه ای واکنش های متفاوتی نشان دهند (۱۴، ۱۵).

مصرف مکمل کافئین، به عنوان یک محرک شناخته شده، می تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد حرکتی و جسمانی ورزشکاران داشته باشد. با این حال، اطلاعات کافی و شفاف در مورد اثرات مصرف کافئین به ویژه در ورزشکاران زن جوان و در شرایط خستگی القاشده در ورزش های تیمی مانند هندبال وجود ندارد. بنابراین، بررسی دقیق تأثیر کافئین بر بهبود عملکرد جسمانی و حرکتی در این گروه از ورزشکاران می تواند به بهبود برنامه های تغذیه ورزشی و افزایش کارایی تمرینات کمک کند.

با توجه به مطالب گفته شده هدف تحقیق حاضر، بررسی تأثیر مصرف حاد مکمل کافئین بر بهبود عملکرد جسمانی و حرکتی و کاهش اثرات خستگی پس از تمرین در دختران هندبالیست جوان بود.

## روش بررسی

این تحقیق با مجوز اخلاقی از کمیته اخلاق زیستی دانشگاه فردوسی مشهد با کد IR.UM.REC.1403.075 بصورت نیمه تجربی حاضر که با طرح پیش آزمون و پس آزمون و به صورت متقاطع انجام شد، ۱۶ نفر از دختران هندبالیست جوان در سطح نیمه حرفه ای استان البرز با سابقه ۳ تا ۵ سال بازی هندبال با میانگین سنی ۱۸ تا ۲۴ سال، که معیارهای ورود به پژوهش را داشتند، به صورت نمونه گیری در دسترس در این پژوهش شرکت کردند و به صورت تصادفی به دو گروه مکمل و دارونما تقسیم شدند. این پژوهش با رعایت اصول اخلاقی صورت پذیرفت. پیش از آغاز تحقیق، اهداف و روش اجرای آن به شرکت کنندگان توضیح داده شد و رضایت نامه کتبی آگاهانه از آنان دریافت گردید. همچنین به افراد اطمینان داده شد که اطلاعات شخصی شان به صورت محرمانه حفظ خواهد شد و نتایج فقط برای مقاصد علمی مورد استفاده قرار می گیرد.

معیارهای ورود به پژوهش:

- ۱- همه ی آزمودنی ها از سلامت روانی و جسمانی کامل برخوردار بودند.
- ۲- همگی دختر با سن ۱۸ الی ۲۴ سال بودند.
- ۳- بازیکنان از نظر سطح و سابقه ی بازی حرفه ای با هم تجانس داشتند.
- ۴- آزمودنی ها فاقد هرگونه مشکل اسکلتی-عضلانی موثر در اجرای عملکرد بودند.
- ۵- عدم سابقه ی مصرف دارو و یا مکمل خاص در یک سال گذشته که به طریقی اثر مداخله گر در نتایج پژوهش داشت.

<sup>1</sup> γ -Amino butyric acid (GABA)

### اندازه‌گیری سرعت شوت

سرعت شوت آزمودنی‌ها با نرم‌افزار Kinovea تجزیه و تحلیل شد. آزمودنی‌ها سه شوت به صورت ثابت از پشت منطقه شش متر، که معمولاً سرعت توپ بازیکنان خطزن در این منطقه بسیار مهم است، اجرا شد و در این کوشش‌ها بهترین سرعت شوت به عنوان رکورد ثبت شد.

### اندازه‌گیری دقت شوت

اندازه‌گیری دقت شوت بازیکنان با آزمون شوت هندبال زین<sup>۲</sup> انجام شد؛ به این صورت که مطابق شکل شماره ۱، دروازه هندبال به ۹ بخش مجزا تقسیم شد. گوشه‌های بالا دارای ۴ امتیاز، دو گوشه پایین ۳ امتیاز، دو قسمت کناری دروازه و بخش میانی بالا ۲ امتیاز، و بخش میانی دروازه ۱ امتیاز بود. در نهایت، حداکثر امتیازها ۴۰ بود. روایی این آزمون از ۸۲ تا ۸۹ و پایایی آن ۰/۸۳ گزارش شده است (۱۸). آزمودنی‌ها، در مجموع، ۱۰ شوت (۵ شوت ثابت و ۵ شوت در حال پرش) از پشت منطقه ۹ متر (به جهت اهمیتی که این منطقه برای افزایش دقت و افزایش درصد بازیکنان دارد) برای سنجش میزان دقت شوت اجرا کردند.

### اندازه‌گیری‌های قدرت عضلات اندام فوقانی و تحتانی

قدرت ایستای اندام فوقانی و تحتانی به کمک دینامومتر دستی مارک Takei ساخت کشور ژاپن و پایی مارک YAGAMI ساخت کشور ژاپن انجام شد. برای سنجش قدرت پایین تنه از شرکت‌کنندگان خواسته شد زانوی خود را در زاویه ۱۳۰ تا ۱۴۰ درجه خم کنند و بالاتنه خود را قائم نگه دارند. همچنین، دسته براساس طول قد تنظیم شد. سپس از آزمودنی خواسته شد بدون فشار به عضلات پشت و با استفاده از عضلات پایین تنه و اعمال نیروی بیشینه زانوها را صاف کند. پس از ثابت شدن عقربه نشانگر، نیروی بیشینه ثبت شد. برای سنجش قدرت عضلات تنه، هر شرکت‌کننده روی صفحه قرار گرفت، به طوری که زانوها کاملاً صاف و محل قرارگیری دسته در مقابل ران باشد. هر شرکت‌کننده باید دسته را بگیرد و نیرو را بدون انحراف بدن به سمت عقب و تنها با استفاده از عضلات پشت به سمت بالا بکشد.

لازم به یادآوری است که سر و تنه هنگام آزمون در وضعیت عمود قرار داشت. همچنین، برای اندازه‌گیری قدرت عضلات بالاتنه یا اندام فوقانی دست برتر از دینامومتر دستی استفاده شد. از هر شرکت‌کننده خواسته شد در وضعیت ایستاده قرار بگیرد، به طوری که دست‌ها در کنار بدن باشد. سپس با گرفتن قدرت سنج دستی یک‌بار در دست برتر، شخص تنها می‌توانست از مفصل آرنج خود تا زاویه ۹۰ درجه نسبت به بازو دست خود را خم کند. میچ

۶- آزمودنی‌ها بیماری خاصی (اعم از مادرزادی یا اکتسابی) نداشتند. معیارهای خروج از پژوهش:

مصرف دوز بالاتر از ۶ میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن به صورت روزانه توسط آزمودنی‌ها و همگن نبودن با جامعه آماری مورد نظر، به عنوان معیار خروج از پژوهش در نظر گرفته شد.

از آزمودنی‌ها خواسته شد در کل مدت زمان پژوهش الگوی تمرینی معمول و روزانه خود را حفظ کنند. همچنین از آنها خواستیم ۴۸ ساعت پیش از شروع آزمون، از مصرف (خوردن یا آشامیدن) هرگونه مواد حاوی کافئین خودداری کنند. ابتدا اندازه‌گیری‌های اولیه از متغیرهای قدرت پنجه دست، توان انفجاری پاها، توان بی‌هوازی و شاخص خستگی توسط آزمون‌های اختصاصی انجام شد.

گروه مکمل، کافئین را با دوز شش میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن، به صورت مخلوط با نوشیدنی مبتنی بر مالتودکسترین و گروه دارونما فقط نوشیدنی مبتنی بر مالتودکسترین مصرف کردند. سپس پروتکل تمرین و آمادگی‌سازی به منظور القای خستگی در بازیکنان اجرا شد و هر متغیر توسط آزمون‌های تخصصی سنجیده شد. پس از یک هفته، در جلسه دوم، به منظور در نظر گرفتن تفاوت‌های فردی و سنجیدن تمامی آزمودنی‌های پژوهش و واکنش فیزیولوژیکی و عملکردی آنها به کافئین و پروتکل تمرینی و آمادگی‌سازی، جای گروه‌های مکمل و دارونما جابه‌جا شد.

### پروتکل تمرین و آمادگی‌سازی

ابتدا گرم کردن آزمودنی‌ها، که شامل حرکات عمومی و اختصاصی بود، به مدت ۱۵ دقیقه انجام شد. سپس به منظور القای خستگی فیزیولوژیکی مرکزی و محیطی، آزمودنی‌ها ۴ ست ۸ دوری از مدار را با کاهش زمان ریکاوری بین دورهای هر ست انجام دادند. مدت زمان فواصل ریکاوری برای توصیف تلاش انجام شده در هر ست بدین صورت بود: بازپایی ۸۰ ثانیه بین دورها=سبک، ۴۰ ثانیه=متوسط، ۲۰ ثانیه=سخت، و ۱۰ ثانیه=بسیار سخت. بین هر ست به شرکت‌کنندگان سه دقیقه استراحت برای ریکاوری داده شد. پروتکل تمرین در منطقه‌ای به ابعاد ۱۲×۱۲ متر در زمین هندبال با ابعاد رسمی انجام شد. تمرین‌ها عبارت بودند از: ۱۰ بار شنا؛ دوی ۱۲ متری در حین دریل زدن توپ؛ دوی ۱۵ متری با پاس‌های بلند و کوتاه برای هم‌تیمی فرد که ایستاده است؛ دوی دفاعی شش متر به همراه حرکات دومتری به جلو و عقب؛ دوی شش متری با چهار تغییر جهت در تماس با مخروط‌های تمرینی؛ دویدن مورب، شوت و دوی سرعت ۱۵ متری به صورت مورب (۱۶). در نهایت، میزان خستگی آزمودنی‌ها از طریق مقیاس قیاسی بینایی (۱۷) در فرد با صورتک‌های شماتیک بررسی شد. این مقیاس میزان خستگی را در دامنه صفر (بدون خستگی) تا ۱۰۰ (خستگی کامل) می‌سنجد.

<sup>2</sup> Zinn Team Skill Bttery

# جندی شاپور

استفاده کردیم که به عنوان روشی برای تعیین تلاش<sup>۴</sup> در طول تمرین به شمار می‌آید. از دامنه تلاش بین ۶ تا ۲۰ استفاده شد که تقریباً مشابه با تغییرات ضربان قلب و لاکتات خون است. RPE روشی ساده، ارزان و معتبر برای کمی‌سازی درونی فشار بار در هر جلسه تمرین است (۲۰). از شرکت‌کنندگان خواسته شد پس از پایان تمرین وامانده‌ساز نمرات خود را در فرم‌های مخصوص ثبت کنند.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها و بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون شاپیروویلک و سپس بررسی همگنی واریانس‌ها از طریق آزمون لون، از روش آماری تحلیل واریانس با طرح اندازه‌های تکراری استفاده شد. برای تفسیر داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده و سطح معناداری برای انجام محاسبه‌ها  $P < 0.05$  در نظر گرفته شد.

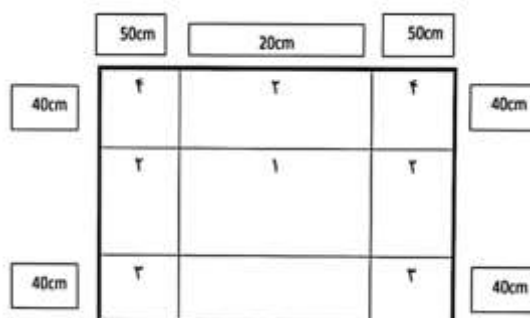
و ساعد اجراکننده باید در وضعیت نیمه‌چرخیده (چرخش به داخل) باشد. پس از اعمال نیروی پیشینه عدد ثبت‌شده روی دستگاه ثبت شد. همه آزمون‌ها دو بار تکرار شد و میانگین نمرات به کیلوگرم ثبت شد (۱۹).

## اندازه‌گیری توان بی‌هوازی

اندازه‌گیری توان بی‌هوازی بازیکنان با آزمون رست انجام شد. ابتدا وزن هر ورزشکار را اندازه‌گیری و ثبت کردیم. ورزشکار پشت خط مشخص شده آماده استارت شد و با سوت شروع، مسیر ۳۵ متری را طی کرد. در پایان هر ۳۵ متر زمان ثبت شد و ورزشکار پس از ۱۰ ثانیه استراحت دوباره شروع به پیمودن مسیر ۳۵ متری کرد و این عمل شش بار تکرار شد. براساس وزن فرد و زمان‌های ثبت‌شده، مقدار توان کل برای هر فرد محاسبه شد.

## اندازه‌گیری شاخص میزان درک فشار<sup>۳</sup>

برای کنترل پاسخ ادراکی به تمرین از شاخص میزان (مقیاس) درک فشار



شکل ۱. نحوه امتیازدهی دقت شوت هندبال توسط آزمون زین

جدول ۱. شاخص میزان درک فشار

| مقیاس ۲۰ تایی | توصیف             |
|---------------|-------------------|
| ۶             | استراحت           |
| ۹             | بسیار سبک         |
| ۱۱            | سبک               |
| ۱۲            | متوسط             |
| ۱۳            | تا حدی شدید       |
| ۱۴            | شدید              |
| ۱۵            | شدید              |
| ۱۶            | خیلی شدید         |
| ۱۷            | خیلی شدید         |
| ۱۹            | خیلی شدید         |
| ۲۰            | بیشترین میزان شدت |

4. Exertion

3. Rating of Perceived Exertion

## یافته‌ها

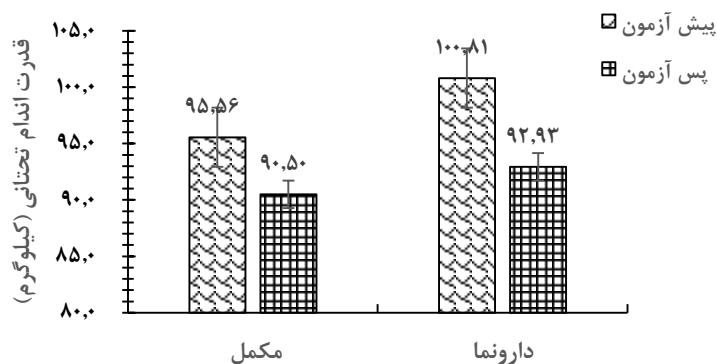
میانگین و انحراف معیار اطلاعات جمعیت شناختی آزمودنی‌ها به تفکیک گروه در جدول ۱ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر (جدول ۲) اثر زمان بر متغیرهای قدرت اندام تحتانی (شکل ۲)، میزان درک فشار (شکل ۵)، دقت شوت‌زدن در حالت ثابت (شکل ۷) و دقت شوت‌زدن در حالت پرشی (شکل ۸) معنی‌دار بود (به ترتیب:  $P = 0.001$ ;  $P = 0.006$ ).

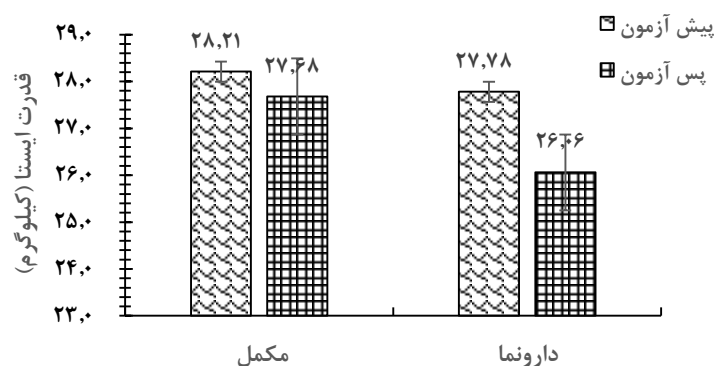
$P = 0.007$ ;  $P = 0.002$ ). همچنین اثر گروه در متغیرهای قدرت پنجه دست (شکل ۳) و دقت شوت‌زدن در حالت ثابت (شکل ۷) معنی‌دار بود (به ترتیب:  $P = 0.002$ ;  $P = 0.002$ ). اثر زمان در گروه نیز در متغیرهای قدرت اندام تحتانی (شکل ۱)، قدرت پنجه دست برتر (شکل ۳)، توان بی‌هوازی اوج (شکل ۴)، دقت شوت‌زدن در حالت ثابت (شکل ۷) و دقت شوت‌زدن در حالت پرشی (شکل ۸) معنی‌دار بود (به ترتیب:  $P = 0.011$ ;  $P = 0.002$ ;  $P = 0.011$ ;  $P = 0.024$ ;  $P = 0.025$ ).

جدول ۲. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌های تکراری متغیرهای اندازه‌گیری شده

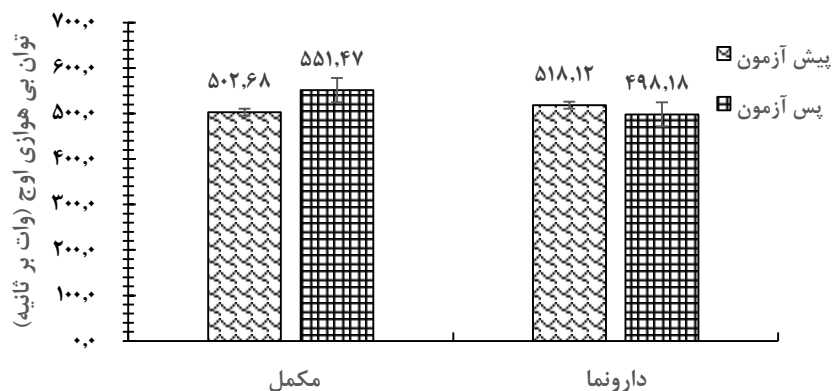
| نام متغیر                          | اثر زمان |              | اثر گروه |              | اثر تعامل زمان X مکمل |              |
|------------------------------------|----------|--------------|----------|--------------|-----------------------|--------------|
|                                    | مقدار F  | سطح معناداری | مقدار F  | سطح معناداری | مقدار F               | سطح معناداری |
| قدرت اندام تحتانی (کیلوگرم)        | ۱۵۵/۲۸   | *۰/۰۰۱       | ۰/۵۰     | ۰/۴۸۳        | ۷/۳۳                  | *۰/۰۰۱       |
| قدرت ایستای اندام فوقانی (کیلوگرم) | ۱/۳۴     | ۰/۲۵۶        | ۶/۳۶     | *۰/۰۰۲       | ۱۱/۵۱                 | *۰/۰۰۲       |
| توان بی‌هوازی اوج (وات بر ثانیه)   | ۱/۲۷     | ۰/۲۶۷        | ۰/۶۳     | ۰/۴۳۴        | ۷/۲۴                  | *۰/۰۱۱       |
| میزان درک فشار (نمره)              | ۸/۵۶     | *۰/۰۰۶       | ۱/۴۴     | ۰/۲۳۹        | ۰/۲۴                  | ۰/۶۲۴        |
| سرعت شوت زدن (متر بر ثانیه)        | ۱/۰۶     | ۰/۳۱۱        | ۰/۹۶     | ۰/۳۳۴        | ۲/۲۸                  | ۰/۱۳۳        |
| دقت شوت زدن در حالت ثابت (امتیاز)  | ۸/۲۵     | *۰/۰۰۷       | ۱۱/۳۴    | *۰/۰۰۲       | ۵/۶۸                  | *۰/۰۲۴       |
| دقت شوت زدن در حالت پرشی (امتیاز)  | ۲۱/۱۰    | *۰/۰۰۲       | ۲/۹۰     | ۰/۰۹۹        | ۵/۵۳                  | *۰/۰۲۵       |



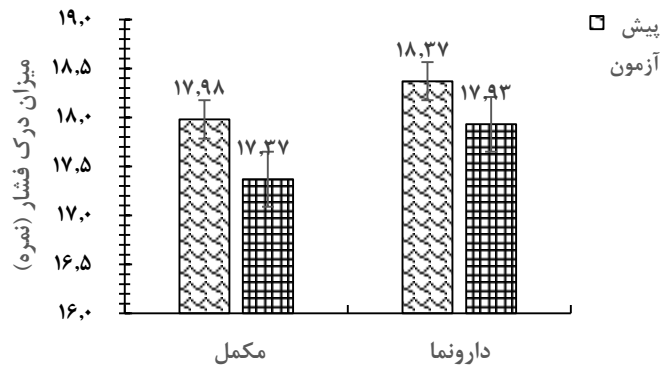
شکل ۲. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون قدرت اندام تختانی در بین گروه‌ها



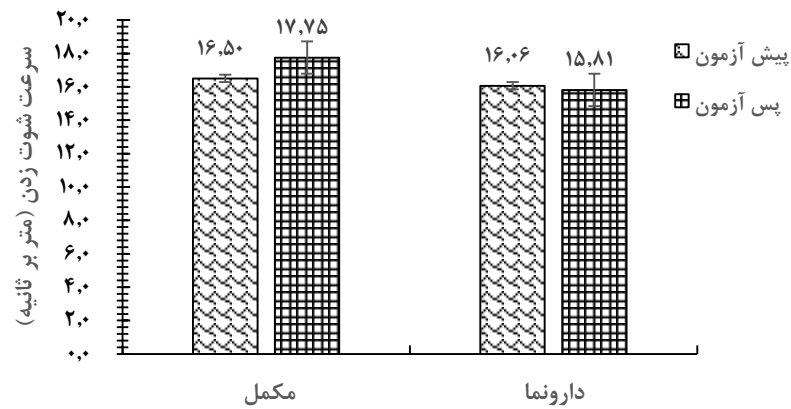
شکل ۳. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون قدرت ایستای اندام فوقانی دست برتر در بین گروه‌ها



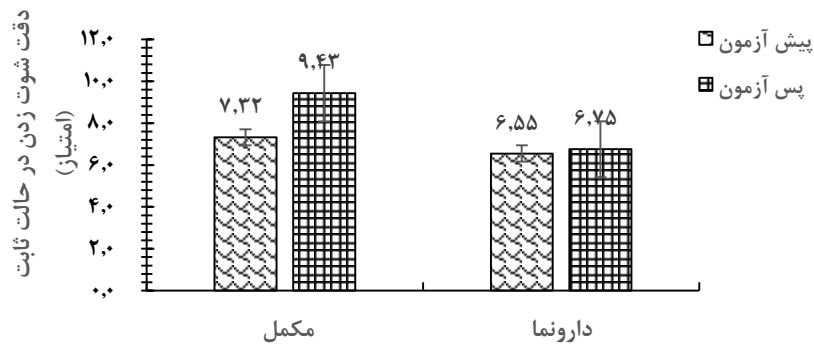
شکل ۴. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون توان بی‌هوازی اوج در بین گروه‌ها



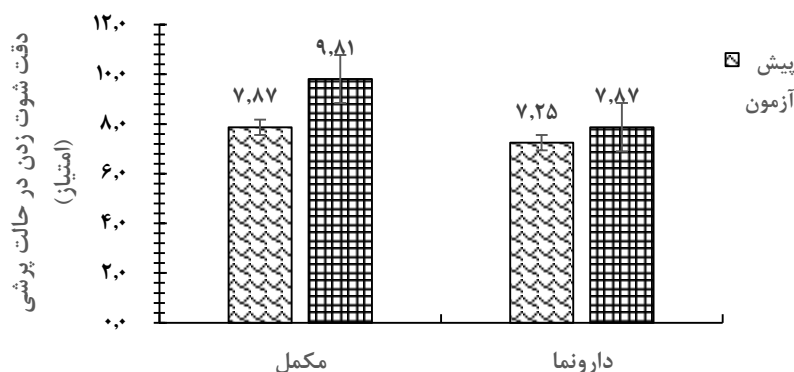
شکل ۵. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون میزان درک فشار در بین گروه‌ها



شکل ۶. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون سرعت شوت زدن در بین گروه‌ها



شکل ۷. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون دقت شوت زدن در حالت ثابت در بین گروه‌ها



شکل ۸. تغییرات پیش آزمون - پس آزمون دقت شوت زدن در حالت پرشی در بین گروه‌ها

## بحث

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر حاد مصرف مکمل کافئین به دنبال القای خستگی بر عملکرد جسمانی دختران ورزشکار انجام شد. براساس نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل داده‌ها بهبود در توان انفجاری اوج، قدرت ایستای اندام فوقانی، قدرت اندام تحتانی، و دقت شوت زنی در حالت ثابت و پرشی در دختران هندبالیست در گروه مکمل نسبت به گروه دارونما مشاهده شد. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های گرجیک و همکاران (۲۰۱۸)، سیکویرکول و همکاران (۲۰۲۳) و همچنین مونوز و همکاران (۲۰۲۰) هم‌سو بود. این محققین گزارش کردند مصرف کافئین در بهبود عملکرد ورزشی اثربخش است (۲۱، ۲۲).

کافئین یک محرک قوی با توانایی افزایش عملکرد بدنی در طیف گسترده‌ای از ورزش‌ها و موقعیت‌های ورزشی است. انرژی‌زایی کافئین عمدتاً با نقش متضاد آن در گیرنده‌های آدنوزین مرتبط است و اثرات منفی آدنوزین بر انتقال عصبی را مهار می‌کند (۲۳). اگرچه تغییرات دیگری در عضله به عنوان مکانیسم‌های مرتبط با این انرژی‌زایی پس از مصرف حاد نشان داده شده است (به عنوان مثال، افزایش اکسیژن‌رسانی عضلانی، تضعیف یون پتاسیم بین بافتی، و آزادسازی کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی)، توانایی کافئین در مسدود کردن گیرنده‌های آدنوزین قابل قبول‌ترین مکانیسم برای توضیح مزایای آن برای فعالیت‌های ورزشی کوتاه مدت و همه‌جانبه است (۳، ۲۴، ۲۵).

تا به امروز، شواهد نشان می‌دهد مصرف حاد کافئین در دوزهای کم تا متوسط (از سه تا شش میلی گرم کافئین به ازای هر کیلوگرم وزن بدن) یک راهکار مکمل مؤثر برای افزایش حداکثر و میانگین قدرت عضلانی و توان بی‌هواری در ورزشکاران بوده است، اگرچه استفاده از دوز مشابه، همیشه با نتایج یکسان همراه نیست (۲۶، ۲۷). در این زمینه، گرجیک و همکاران (۲۰۱۸) در فراتحلیلی به بررسی اثرات مصرف کافئین بر قدرت بیشینه و قدرت عضلانی پرداختند. ۱۰ مطالعه پیرامون حداکثر قدرت عضلانی و ۱۰ مطالعه پیرامون

توان انفجاری (پرش عمودی) بررسی شد. در نهایت، آثار مثبت کافئین بر حداکثر قدرت و قدرت عضلانی گزارش شد (۶).

سیکویرکول و همکاران (۲۰۲۳) تأثیر مصرف مکمل کافئین را بر عملکرد و سلامت والیبالیست‌های زن در طول یک هفته تمرین منظم بررسی کردند. در این مطالعه هشت زن والیبالیست نیمه حرفه‌ای در دو گروه مکمل (با دوز پنج میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن) و گروه دارونما تقسیم شدند. نتایج نشان داد کافئین سبب بهبود پارامترهای خستگی در طی یک هفته تمرین می‌شود (۲۲). مونوز و همکاران (۲۰۲۰) اثرات مصرف کافئین بر عملکرد بدنی را روی زنان نخبه هندبال مطالعه کردند. ۱۵ هندبالیست نخبه در این پژوهش شرکت کردند و یافته‌ها گویای این بود که مصرف کافئین، قبل از تمرین و با دوز سه میلی گرم به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن سبب بهبود سرعت پرتاب، پرش، و عملکرد دوی سرعت و فراوانی شتاب‌ها و سرعت‌های درون بازی در زنان هندبالیست نخبه می‌شود (۲۱).

به نظر می‌رسد چندین مکانیزم احتمالی بیانگر اثر مثبت مصرف کافئین بر عملکرد ورزشی در مطالعات پیشین بوده است. مکانیزم احتمالی، که در میزان دوز مصرف کافئین وجود دارد، این است که دوز بالای کافئین (بیش از پنج گرم) با افزایش فراخوانی تار عضلانی از طریق رهایش کلسیم وابسته به تغییرات دوز همراه است که افزایش حداکثر انقباض ایزومتریک، درون‌گرا و برونگرای ارادی را به دنبال دارد (۲۸). مصرف کافئین، فعالیت ATPase سدیم-پتاسیم و فراخوانی کلسیم را درون سلول (رهایش و بازجذب کلسیم از شبکه سارکوپلاسمی) افزایش می‌دهد که به طور غیرمستقیم بر آزادسازی استیل کولین و دوپامین تأثیر می‌گذارد (۲۹). بنابراین مقاومت در برابر خستگی به دنبال افزایش یون هیدروژن در فعالیت‌های شدید، از آثار مثبت مصرف کافئین است. از سوی دیگر، مصرف کافئین شکست انتقال پس سیناپسی و همچنین کاهش پتانسیل عمل غشایی و مهار سیستم عصبی مرکزی روی نورون‌های حرکتی را به تأخیر می‌اندازد (۳۰).

هم‌سو با یافته‌های پیشین، نتایج پژوهش حاضر نشان داد توان انفجاری،

بازیکنان هندبالیست نشان داد. به نظر می‌رسد کافئین به افزایش شلیک نورونی، آزادسازی کاتکول آمین، و کاهش درک تلاش و خستگی تأثیر می‌گذارد که سبب افزایش برانگیختگی بیشتر و زمان واکنش فردی می‌شود (۳۸).

### نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد مصرف حاد مکمل کافئین پس از القای خستگی می‌تواند به‌طور قابل توجهی عملکرد جسمانی و حرکتی دختران ورزشکار جوان را بهبود بخشد. این بهبود شامل افزایش توان انفجاری اوج، قدرت عضلانی ایستای اندام فوقانی، و قدرت اندام تحتانی و همچنین دقت در عملکرد مهارتی است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد کافئین به‌عنوان محرکی مؤثر با مکانیسم‌های متعددی از جمله مهار گیرنده‌های آدنوزین، افزایش آزادسازی کلسیم و تقویت فعالیت سیستم عصبی مرکزی، موجب افزایش هوشیاری، کاهش درک خستگی، و بهبود پاسخ عضلانی و عملکرد مهارتی می‌شود. بنابراین، مصرف مکمل کافئین می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مکمل مؤثر در افزایش عملکرد حرکتی و جسمانی ورزشکاران زن، به‌ویژه در شرایط خستگی، مهم باشد. با این حال، توجه به دوز مصرفی و شرایط فردی ورزشکاران در استفاده از این مکمل ضروری است.

### ملاحظات اخلاقی

این تحقیق با رعایت اصول اخلاقی انجام شد و به افراد اطمینان داده شد که اطلاعات شخصی آن‌ها به صورت کاملاً محرمانه نگهداری می‌شود و نتایج تنها برای اهداف علمی استفاده خواهد شد.

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

پژوهش حاضر مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بوده و با تأیید کمیته اخلاق زیستی دانشگاه فردوسی مشهد با شماره IR.UM.REC.1403.075 انجام شد.

### حامی مالی

پژوهش حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از ارگان، شرکت، و بخشی دریافت نکرده است.

### مشارکت نویسندگان

نویسنده اول، نوشتن نسخه مقاله اعم از جمع‌آوری داده‌ها و نگارش مقاله، نویسنده دوم، ارائه ایده پژوهشی و بازبینی نهایی، و نویسنده سوم، تحلیل داده‌ها و بازبینی اولیه را بر عهده داشت.

قدرت عضلانی و توان بی‌هوازی در گروه مصرف مکمل نسبت به گروه دارونما بهبود معنی‌داری داشته است. تصور می‌شود که کافئین با تأثیر روی سیستم عصب سمپاتیک در بخش مرکزی آدرنال موجب افزایش کاتکولامین‌ها می‌شود که می‌تواند در بهبود توان بی‌هوازی تأثیر خود را اعمال کند. همچنین کافئین هوشیاری عضلات را به آستانه تحریک نورونی بالا می‌برد که باعث می‌شود فرد به محرک‌های خارجی پاسخ سریع‌تر دهد و فراخوانی تارهای عضلانی را به شرایط ایسکمی و هایپوکسی، به‌ویژه تارهای نوع دو، بیشتر می‌کند. همچنین، با تأثیر روی رهایش کلسیم، باعث بهبود فرایند چرخه انقباض - انقباض آکتومیوزین می‌شود. در این زمینه دون کن<sup>۵</sup> و همکاران در سال ۲۰۱۸ گزارش کردند که مصرف پنج میلی‌گرم کافئین به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن تنها باعث افزایش توان بی‌هوازی اوج می‌شود (۳۱). از سوی دیگر، به نظر می‌رسد بهبود توان بی‌هوازی را می‌توان به رهایش کلسیم در افزایش تنش عضله اسکلتی و تغییرات انتقال عصبی - عضلانی نسبت داد (۳۲). بنابراین نتایج این پژوهش، هم‌سو با دیگر مطالعات، نشان داد مکمل کافئین در بهبود توان بی‌هوازی بالاتنه و پایین‌تنه اثر مثبت داشته است.

فرضیه برجسته دیگر، آثار کافئین بر آدنوزین است. آدنوزین یک انتقال‌دهنده عصبی است که به‌عنوان ضعیف‌کننده سیستم عصبی مرکزی عمل می‌کند و اثرات شناختی متعددی مانند کاهش برانگیختگی را برمی‌انگیزد که می‌تواند با فعالیت بدنی تداخل داشته باشد. کافئین به‌عنوان یک مهارکننده غیرانتخابی آدنوزین عمل می‌کند و اثرات منفی آدنوزین را بر عملکرد، کاهش می‌دهد و سیستم عصبی مرکزی را تحریک می‌کند که نتیجه، افزایش تولید نیرو و بهبود قدرت عضلانی است. از آنجاکه توان انفجاری تاحدی وابسته به سیستم عصبی - عضلانی در تولید نیرو است (۳۳)، به نظر می‌رسد یکی دیگر از آثار حاد مصرف کافئین، بهبود قدرت عضلانی و توان انفجاری پس از القای خستگی است. هرچند بورک و همکاران (۲۰۲۱) از آثار مثبت مصرف کافئین بر بهبود قدرت بیشینه در زنان ورزشکار دفاع نکردند و استدلال آنها، نبود نتایج قابل توجه ناشی از حجم نمونه کوچک، ناتوانی در کور کردن شرایط به‌اندازه کافی، بررسی یک دوز کافئین، و عدم همسان‌سازی تفاوت‌های بین فردی در عادت به کافئین بوده است (۳۳).

دیگر متغیر مورد بررسی تغییرات دقت شوت‌زنی در حالت ثابت و پرشی بود. برخلاف نتایج پژوهش حاضر برخی مطالعات در بازیکنان بسکتبال مصرف حاد کافئین به میزان سه میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم را بر بهتر شدن تعداد پرتاب‌های آزاد در بازیکنان بسکتبال بی‌تأثیر دانستند (۳۴، ۳۵). همچنین تان و همکاران (۲۰۲۰) نتیجه گرفتند شش گرم به‌ازای هر کیلوگرم کافئین بر دقت شوت‌زدن بازیکنان بسکتبال بی‌اثر است و به تعامل عوامل متعددی بستگی دارد، از جمله مسیر حرکت توپ پس از پرتاب، مرحله فعالیت پرتاب که حرکات هر مرحله دارای اجزای متفاوتی بوده، میدان دید محدود، احساس لامسه نوک انگشتان، و تعادل وضعیتی بازیکن (۳۶).

در مقابل، استانکوویچ و همکارانش اثر مثبت سه میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم کافئین را گزارش کردند (۳۷). نتایج پژوهش حاضر بهبود دقت شوت‌زنی را در

<sup>6</sup> depressant

<sup>5</sup> Duncan

## تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

## تشکر و قدردانی

در پایان لازم می‌دانیم از همه شرکت‌کنندگان که در این پژوهش شرکت داشتند تشکر و قدردانی کنیم.

### References

- 1.Reddy VS, Shiva S, Manikantan S, Ramakrishna S. Pharmacology of caffeine and its effects on the human body. *European Journal of Medicinal Chemistry Reports*. 2024 Apr 1;10:100138.
- 2.Bazzucchi I, Felici F, Montini M, Figura F, Sacchetti M. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. *Muscle & nerve*. 2011 Jun;43(6):839-44. [[10.1002/mus.21995](#)] [[PMID](#)]
- 3.Davis JK, Green JM. Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action. *Sports medicine*. 2009 Oct;39(10):813-32. [[10.2165/11317770-000000000-00000](#)] [[PMID](#)]
- 4.Alasmari F. Caffeine induces neurobehavioral effects through modulating neurotransmitters. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2020 Apr 1;28(4):445-51. [[10.1016/j.jsps.2020.02.005](#)] [[PMID](#)]
- 5.Orbán C, Vászárhelyi Z, Bajnok A, Sava F, Toldi G. Effects of caffeine and phosphodiesterase inhibitors on activation of neonatal T lymphocytes. *Immunobiology*. 2018 Nov 1;223(11):627-33. [[10.1016/j.imbio.2018.07.008](#)] [[PMID](#)]
- 6.Grgic J, Trexler ET, Lazinica B, Pedisic Z. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018 Mar 5;15(1):11. [[10.1016/j.imbio.2018.07.008](#)] [[PMID](#)]
- 7.Allen DG, Westerblad H. The effects of caffeine on intracellular calcium, force and the rate of relaxation of mouse skeletal muscle. *The Journal of physiology*. 1995 Sep 1;487(2):331-42. [[10.1113/jphysiol.1995.sp020883](#)] [[PMID](#)]
- 8.Tallis J, James RS, Cox VM, Duncan MJ. The effect of a physiological concentration of caffeine on the endurance of maximally and submaximally stimulated mouse soleus muscle. *The journal of physiological sciences*. 2013 Mar 1;63(2):125-32. [[10.1113/jphysiol.1995.sp020883](#)] [[PMID](#)]
- 9.Domaszewski P, Pakosz P, Konieczny M, Bączkiewicz D, Sadowska-Krępa E. Caffeine-induced effects on human skeletal muscle contraction time and maximal displacement measured by tensiomyography. *Nutrients*. 2021;13(3):815. [[10.3390/nu13030815](#)] [[PMID](#)]
- 10.Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins ND, Arent SM, Antonio J, Stout JR, Trexler ET, Smith-Ryan AE. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2021 Jan 2;18(1):1. [[10.1186/s12970-020-00383-4](#)] [[PMID](#)]
- 11.Ghazaleh L, Enayati A, Delfan M, Bamdad S, Laher I, Granacher U, Zouhal H. Effects of caffeine supplementation on anaerobic power and muscle activity in youth athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*. 2024 Jan 19;16(1):23. [[10.1186/s13102-023-00805-1](#)] [[PMID](#)]
- 12.Chen HY, Wang HS, Tung K, Chao HH. Effects of gender difference and caffeine supplementation on anaerobic muscle performance. *International journal of sports medicine*. 2015 Nov;36(12):974-8. [[10.1055/s-0035-1550048](#)] [[PMID](#)]
- 13.Ziv GA, Lidor R. Physical characteristics, physiological attributes, and on-court performances of handball players: A review. *European Journal of Sport Science*. 2009 Nov 1;9(6):375-86.
- 14.Manchado C, Tortosa-Martínez J, Vila H, Ferragut C, Platen P. Performance factors in women's team handball: Physical and physiological aspects-A review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013 Jun 1;27(6):1708-19. [[10.1519/JSC.0b013e3182891535](#)] [[PMID](#)]
- 15.Muñoz A, López-Samanes Á, Domínguez R, Moreno-Pérez V, Jesus Sanchez-Oliver A, Del Coso J. Use of sports supplements in competitive handball players: Sex and competitive level differences. *Nutrients*. 2020 Oct 31;12(11):3357. [[10.3390/nu12113357](#)] [[PMID](#)]
- 16.Nuño A, Chiroso IJ, van den Tillaar R, Guisado R, Martín I, Martínez I, Chiroso LJ. Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *Journal of Human Kinetics*. 2016 Dec 15;54:103. [[10.1515/hukin-2016-0039](#)] [[PMID](#)]
- 17.Izadi A, TahmasebiBoroujeni S, Doosti M. Effect of Central and Peripheral Fatigue on Throwing Accuracy and Velocity in Handball. *Sport Psychology Studies*. 2020 Mar 20;9(31):245-62.
- 18.Bougrine H, Salem A, Ammar A, Souissi N. An Overview of Caffeine's Impact on Team Ball Sport Performance: Dosing, Gender Differences, and Physiological Considerations. *Tunisian Journal of Sports Science and Medicine*. 2023 Dec 30;1(1):57-63.
- 19.Eston RG, Reilly T, editors. *Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual*. London, UK:: Routledge; 2001.
- 20.Hiscock DJ, Dawson B, Peeling P. Perceived exertion responses to changing resistance training programming variables. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2015 Jun 1;29(6):1564-9. [[10.1519/JSC.0000000000000775](#)] [[PMID](#)]
- 21.Munoz A, Lopez-Samanes Á, Pérez-Lopez A, Aguilar-Navarro M, Moreno-Herederó B, Rivilla-García J, González-Frutos P, Pino-Ortega J, Morencos E, Del Coso J. Effects of caffeine ingestion on physical performance in elite women handball players: a randomized, controlled study. *International journal of sports physiology and performance*. 2020 Apr 25;15(10):1406-13. [[10.1123/ijspp.2019-0847](#)] [[PMID](#)]
- 22.Siquier-Coll J, Delgado-García G, Soto-Méndez F, Liñán-González A, García R, González-Fernández FT. The effect of caffeine supplementation on female volleyball players' performance and wellness during a regular training week. *Nutrients*. 2023 Dec 21;16(1):29. [[10.3390/nu16010029](#)] [[PMID](#)]
- 23.Davis JM, Zhao Z, Stock HS, Mehl KA, Buggy J, Hand GA. Central nervous system effects of caffeine and

- adenosine on fatigue. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2003 Feb 1. [[10.1152/ajpregu.00386.2002](#)] [[PMID](#)]
24. Magkos F, Kavouras SA. Caffeine and ephedrine: physiological, metabolic and performance-enhancing effects. Sports Medicine. 2004 Nov;34(13):871-89. [[10.2165/00007256-200434130-00002](#)] [[PMID](#)]
25. Ruiz-Moreno C, Lara B, Brito de Souza D, Gutiérrez-Hellín J, Romero-Moraleda B, Cuéllar-Rayó Á, Del Coso J. Acute caffeine intake increases muscle oxygen saturation during a maximal incremental exercise test. British journal of clinical pharmacology. 2020 May;86(5):861-7. [[10.1111/bcp.14189](#)] [[PMID](#)]
26. Greer F, McLean C, Graham T. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. Journal of applied physiology. 1998;85(4):1502-8. [[10.1152/jappl.1998.85.4.1502](#)] [[PMID](#)]
27. Greer F, McLean C, Graham TE. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. Journal of applied physiology. 1998 Oct 1;85(4):1502-8. [[10.1152/jappl.1998.85.4.1502](#)] [[PMID](#)]
28. Ferreira LH, Forbes SC, Barros MP, Smolarek AC, Enes A, Lancha-Junior AH, Martins GL, Souza-Junior TP. High doses of caffeine increase muscle strength and calcium release in the plasma of recreationally trained men. Nutrients. 2022 Nov 21;14(22):4921. [[10.3390/nu14224921](#)] [[PMID](#)]
29. Hussain N. The Effect of Caffeine on Athletic Performance. ScienceOpen Preprints. 2021 Jan 31.
30. Hackney AC. Sex hormones, exercise and women. Sex hormones, exercise and women. Scientific and clinical aspects. Cham: Springer. 2017.
31. Duncan MJ, Dobell AP, Caygill CL, Eyre E, Tallis J. The effect of acute caffeine ingestion on upper body anaerobic exercise and cognitive performance. European Journal of Sport Science. 2019 Jan 2;19(1):103-11. [[10.1080/17461391.2018.1508505](#)] [[PMID](#)]
32. Grgic J. Caffeine ingestion enhances Wingate performance: a meta-analysis. European Journal of Sport Science. 2018 Feb 7;18(2):219-25. [[10.1080/17461391.2017.1394371](#)] [[PMID](#)]
33. Burke BI, Travis SK, Gentles JA, Sato K, Lang HM, Bazylar CD. The effects of caffeine on jumping performance and maximal strength in female collegiate athletes. Nutrients. 2021 Jul 22;13(8):2496. [[10.3390/nu13082496](#)] [[PMID](#)]
34. Scanlan AT, Dalbo VJ, Conte D, Stojanović E, Stojiljković N, Stanković R, Antić V, Milanović Z. No effect of caffeine supplementation on dribbling speed in elite basketball players. International journal of sports physiology and performance. 2019 Aug 1;14(7):997-1000. [[10.1123/ijsspp.2018-0871](#)] [[PMID](#)]
35. Puente C, Abián-Vicén J, Salinero JJ, Lara B, Areces F, Del Coso J. Caffeine improves basketball performance in experienced basketball players. Nutrients. 2017 Sep 19;9(9):1033. [[10.3390/nu9091033](#)] [[PMID](#)]
36. Tan ZS, Burns SF, Pan JW, Kong PW. Effect of caffeine ingestion on free-throw performance in college basketball players. Journal of Exercise Science & Fitness. 2020 May 1;18(2):62-7. [[10.1016/j.jesf.2019.12.002](#)] [[PMID](#)]
37. Stojanović E, Scanlan AT, Milanović Z, Fox JL, Stanković R, Dalbo VJ. Acute caffeine supplementation improves jumping, sprinting, and change-of-direction performance in basketball players when ingested in the morning but not evening. European journal of sport science. 2022 Mar 4;22(3):360-70. [[10.1080/17461391.2021.1874059](#)] [[PMID](#)]
38. Lazarus M, Shen HY, Cherasse Y, Qu WM, Huang ZL, Bass CE, Winsky-Sommerer R, Semba K, Fredholm BB, Boison D, Hayaishi O. Arousal effect of caffeine depends on adenosine A2A receptors in the shell of the nucleus accumbens. Journal of Neuroscience. 2011 Jul 6;31(27):10067-75. [[10.1523/JNEUROSCI.6730-10.2011](#)] [[PMID](#)]