

## The Effect of Ischemic Preconditioning With Different Frequency on the Simulated Judo Protocol and Its Induced Apoptosis

Fatemeh Soghra Rahimi<sup>1</sup>, Amin Farzaneh Hesari<sup>2</sup>, Parvin Farzanegi<sup>3</sup>

1. Department of Exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

E-mail: [mahboobe.rahimi787@gmail.com](mailto:mahboobe.rahimi787@gmail.com)

2. Corresponding Author, Department of Exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.

E-mail: [amin.farzaneh@iau.ac.ir](mailto:amin.farzaneh@iau.ac.ir)

3. Department of Exercise Physiology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran. E-mail: [parvin.farzanegi@iausari.ac.ir](mailto:parvin.farzanegi@iausari.ac.ir)

### Article Info

### ABSTRACT

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received:

29 April 2022

Received in revised form:

16 October 2022

Accepted:

19 October 2022

Published online:

21 November 2022

#### Keywords:

apoptosis,  
ischemic preconditioning,  
special judo test

**Introduction:** Ischemic preconditioning (IPC) leads to improvement in sports performance, but the effect of its different frequency on judo performance and its role in judo activity-induced muscle damage is still unclear. This study aimed to investigate the acute effect of different frequencies of IPC on the simulated judo competition and its resulting apoptosis in judo athletes.

**Methods:** In a crossover study, 12 male judokas participated in this study. Each participant was randomly assigned into four conditions: IPC in one session (low frequency), IPC in three consecutive sessions (high frequency), without IPC in one session, and non-ischemic repetitive actions. In each session, three simulated competitions were conducted at a 5-minutes interval and a Special Judo Fitness Test (SJFT) was performed five hours after the last competition. IPC was conducted with three 5-minutes cycles of occlusion, followed by five minutes of reperfusion. Pre- and post-judo competitions, blood samples were taken. For statistical analysis, one-way repeated measures ANOVA and Bonferroni's post-hoc test were used.

**Results:** The results showed that a high frequency of IPC led to a significant increase in the number of techniques performed in SJFT ( $P \leq 0.05$ ). The judo competition protocol increased serum Bax levels. Also, the serum Bcl-2 was significantly higher in both low and high frequencies of IPC than in other conditions ( $P \leq 0.05$ ).

**Conclusion:** Based on the results of the present study, it seems that the high frequency of IPC has a greater effect on the specific performance of judokas. frequency-independent IPC can improve apoptosis caused by judo competition.

**Cite this article:** Rahimi FS., Farzaneh Hesari A., & Farzanegi P. The Effect of Ischemic Preconditioning With Different Frequency on Simulated Judo Protocol and Its Induced Apoptosis. *Journal of Sport Biosciences*. 2022; 14 (3): 51-64.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jsb.2022.342373.1527>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran, Faculty of Sport Sciences and Health.

## Extended Abstract

### Introduction

Judo competition is considered one of the intense exercises that can lead to an increase in muscular damage and inflammatory indicators. Studies have shown that apoptosis during and after acute intense training causes muscle damage. Various post-training recovery strategies are performed to reduce muscle fatigue and pain and improve recovery between training sessions or consecutive competitions. Recent studies have emphasized the effectiveness of ischemic preconditioning (IPC) in assisting post-training recovery, which can reduce the damage caused by ischemia-reperfusion injury, that is post-training-induced muscle damage. IPC involves a brief period of sublethal local tissue ischemia that confers protection against the subsequent lethal ischemia. On the other hand, IPC has been used to improve sports performance, but the effect of different frequencies on judo performance is still unclear. This study aimed to investigate the effect of different frequencies of IPC on simulated judo competition and match-induced apoptosis in judokas.

### Methods

In a crossover study, 12 male judokas participated in this study. Each participant was randomly assigned into four conditions: IPC in one session (low frequency), IPC in three consecutive sessions (high frequency), without IPC in one session (placebo 1), and non-ischemic repetitive actions (placebo 2). IPC consisted of three 5-minutes cycles of ischemia, followed by five minutes of reperfusion. In each session, the judokas performed three 4-minute judo competitions followed by a 5-minute rest interval and a Special Judo Fitness Test (SJFT) conducted five hours after the last competition. During competitions, judokas competed against opponents in the same weight category and with a similar sport level relative to their rankings. For competition analysis, only actual (not feigned) attacks performed in the standing position were considered. Pre- and post-judo competitions, blood samples were taken. For statistical analysis, one-way repeated measures ANOVA and Bonferroni's post-hoc test were used.

### Results

The results showed that there were no differences in the number of attacks in the three competitions among any frequency IPC and placebo. Also, the results showed that high-frequency IPC resulted in a significant increase in the number of techniques performed in SJFT ( $P=0.012$ ). The judo competition increased serum Bax levels, however, no difference was observed after low- and high-frequency IPC compared to the pre-judo competition. The serum Bax levels were significantly decreased in low ( $P=0.021$ ) and high ( $P=0.016$ ) frequency IPC than placebo. The serum Bcl-2 levels were significantly higher in low ( $P=0.001$ ) and high ( $P=0.001$ ) frequency IPC than in placebo and pre-judo competition ( $P=0.011$  and  $P=0.019$ , respectively).

### Conclusion

Based on the results of the present study, a high frequency of IPC seems to have a greater effect on the specific judo fitness test following repetitive competitions. frequency-independent IPC can improve apoptosis following judo competitions. Our results suggest that the IPC may be used as a non-invasive, easy-to-use tool to accelerate the recovery in trained judokas during training or competitions.

### Keywords

apoptosis, ischemic preconditioning, special judo test

### Ethical Considerations

#### Compliance with ethical guidelines:

This research was carried out with the approval of the Ethics Committee of Islamic Azad University, Sari branch with the ethical code of IR.IAU.SARI.REC.1400.061

**Funding:** Financial resources provided by the authors.

#### Authors' contribution:

Conceptualization: Amin Farzaneh hesari, Parvin Farzanegi, Fatemeh Rahimi.

Methodology: Amin Farzaneh hesari, Fatemeh Rahimi.




Formal analysis: Amin Farzaneh hesari.

Investigation and Writing: Amin Farzaneh hesari, Parvin Farzanegi

**Conflict of interest:** The authors declared no conflict of interest.

**Acknowledgments:** The authors thank all the participants who supported us in this research

## اثر پیش آماده‌سازی ایسکمی با تواتر مختلف بر پروتکل شبیه‌سازی شده جودو و آپوپتوز ناشی از آن

فاطمه صغری رحیمی<sup>۱</sup> , امین فرزانه حساری<sup>۲</sup> , پروین فرزانی<sup>۳</sup> 

۱. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ساری، ایران. رایانامه: [mahboobe.rahimi787@gmail.com](mailto:mahboobe.rahimi787@gmail.com)

۲. نویسنده مسؤو، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ساری، ایران. رایانامه: [amin.farzaneh@iau.ac.ir](mailto:amin.farzaneh@iau.ac.ir)

۳. گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساری، ساری، ایران. رایانامه: [parvin.farzanegi@iausari.ac.ir](mailto:parvin.farzanegi@iausari.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	<b>مقدمه:</b> پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به بهبود عملکرد ورزشی منجر می‌شود، اما اثر تواترهای مختلف آن بر عملکرد جودو و نقش آن بر آسیب عضلانی ناشی از فعالیت جودو مشخص نیست. هدف از تحقیق حاضر بررسی اثر تواترهای مختلف پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر مسابقه شبیه‌سازی شده جودو و آپوپتوز ناشی از آن در جودوکاران بود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۹	<b>روش پژوهش:</b> در یک مطالعه متقاطع، ۱۲ جودوکار مرد در این پژوهش شرکت کردند. هر آزمودنی به صورت تصادفی در چهار وضعیت اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در یک جلسه (تواتر کم)، اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در سه جلسه متوالی (تواتر زیاد)، بدون اعمال ایسکمی در یک جلسه و اعمال تکراری بدون ایسکمی قرار گرفت. در هر جلسه سه مسابقه شبیه‌سازی شده با فاصله ۵ دقیقه از هم و یک آزمون ویژه جودو در ۵ ساعت پس از آخرین مسابقه اجرا شد. پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در سه دور پنج دقیقه‌ای انسداد با پنج دقیقه خون‌رسانی مجدد انجام گرفت. پیش و پس از مسابقه جودو نمونه خونی گرفته شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از روش آنالیز واریانس با اندازه‌های تکراری و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد.
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴	<b>یافته‌ها:</b> نتایج نشان داد که دوز زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به افزایش معنادار تعداد تکنیک‌های اجرا شده آزمون جودو منجر شد ( $P \leq 0.05$ ). مسابقه جودو سطح سرمی Bax را افزایش داد، همچنین Bcl-2 سرم در هر دو تواتر کم و زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بیشتر از سایر وضعیت‌ها بود ( $P \leq 0.05$ ).
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷	<b>نتیجه‌گیری:</b> براساس نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که پیش‌آماده‌سازی ایسکمی تکراری اثر بیشتری بر عملکرد اختصاصی جودوکاران دارد و پیش‌آماده‌سازی ایسکمی مستقل از تواتر می‌تواند آپوپتوز ناشی از مسابقه جودو را بهبود بخشد.
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰	

### کلیدواژه‌ها:

آپوپتوز،

آزمون ویژه جودو،

پیش‌آماده‌سازی ایسکمی.

**استناد:** رحیمی، فاطمه صغری؛ فرزانه حساری، امین و فرزانی، پروین. اثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی با تواتر مختلف بر پروتکل شبیه‌سازی شده جودو و آپوپتوز ناشی از

آن. نشریه علوم زیستی ورزشی، ۱۴۰۱؛ ۱۴(۳): ۶۴-۵۱.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jsb.2022.342373.1527>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تهران، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی.

## مقدمه

ماهیت مسابقه جودو به گونه‌ای است که نیازمند انقباضات درون‌گرا و برون‌گرا برای کنترل حریف، اجرای تکنیک و بدل‌کاری است. از طرفی با توجه به تلاش‌های متناوب با شدت بالا و ماهیت بی‌هوازی بودن آن، می‌توان مسابقه جودو را در زمره فعالیت‌های شدید به‌شمار آورد (۱) که می‌تواند به افزایش شاخص‌های التهابی (۲) و در نتیجه آسیب ناشی از فعالیت منجر شود (۳). تحقیقات نشان داده‌اند که علاوه بر فرایندهای التهابی، آپوپتوز در حین و پس از فعالیت ورزشی حاد شدید در ایجاد آسیب عضلانی نقش دارد (۴). افزایش کنترل‌نشده آپوپتوز ممکن است موجب از دست رفتن بیش‌ازحد سلول شود، عملکرد بافت‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و روند ریکاوری را دچار اختلال کند (۵).

شناخت عواملی که بتواند آپوپتوز ناشی از فعالیت نسبتاً شدید ورزشی را تعدیل کند، مهم است. با توجه به ایجاد تغییرات سلولی در عضلات اسکلتی و سلول‌های ایمنی و همچنین از بین رفتن یکپارچگی دستگاه انقباضی و اختلال در اجزای سلولی ناشی از فعالیت‌های شدید، راهبردهای مختلف ریکاوری پس از فعالیت با هدف کاهش خستگی و درد عضلانی و بهبود ریکاوری بین جلسات تمرینی یا مسابقات متناوب انجام می‌گیرد (۶). در این میان، پیش‌آماده‌سازی ایسکمی<sup>۱</sup> ممکن است بتواند بر التهاب و آپوپتوز ناشی از فعالیت و در نتیجه ریکاوری اثرگذار باشد. در واقع این فرضیه براساس شواهدی مطرح شد که نشان دادند تغییرات سیستمیک و سلولی ناشی از آسیب عضلانی ناشی از فعالیت، شبیه موارد مشاهده‌شده در آسیب ایسکمی - رپرفیوژن است، که اغلب با افزایش غلظت‌های کلسیم درون‌سلولی و افزایش ظهور پروتئین‌های عضله در جریان خون و شاخص‌های سایتوکاینی مانند کراتین کیناز، لاکتات دهیدروژناز و اینترلوکین ۶ همراه است (۷). پروتئین‌های مختلفی در تنظیم آپوپتوز درگیرند که می‌توان به خانواده پروتئین Bcl2 که شامل پروتئین‌های مهارکننده و القاکننده آپوپتوز هستند، اشاره کرد. پروتئین Bcl2، سرکوبگر فرایند آپوپتوز محسوب می‌شود، درحالی‌که پروتئین Bax القاگر فرایند آپوپتوز است (۸). پروتئین Bcl2 از طریق اتصال به کانال‌های موجود روی غشای خارجی میتوکندری موجب حفظ یکپارچگی غشا می‌شود، درحالی‌که افزایش بیان Bax به تغییر در نفوذپذیری غشای میتوکندری، آزاد شدن سیتوکروم C، آزاد شدن فاکتورهای القاکننده آپوپتوز از میتوکندری و در نهایت قطعه‌قطعه شدن DNA منجر می‌شود (۸). براساس نتایج در پی ایسکمی یا هیپوکسی سلول، بیان پروتئین آپوپتوزی Bax افزایش می‌یابد (۹).

پیش‌آماده‌سازی ایسکمی پدیده‌ای است که با برقراری دوره‌های کوتاه و متناوب کم‌خونی (ایسکمی) و جریان مجدد (رپرفیوژن) غیرکننده در یک بافت، حفاظت قدرتمندی را در برابر آثار زیانبار یک کم‌خونی کشنده طولانی‌مدت پس از آن در همان بافت القا می‌کند (۱۰). علاوه بر مطالعاتی که اثر محافظتی در بافتهایی مانند قلب، مغز، کلیه و کبد را گزارش کرده‌اند، شواهد حاکی از آن است که بافت عضله اسکلتی نیز ممکن است از تأثیرات حفاظتی پیش‌آماده‌سازی کم‌خونی در برابر آسیب کم‌خونی و جریان مجدد بهره‌مند شود (۱۱)، بنابراین توجهات به سمت استفاده از این روش در بهبود عملکرد عضلات اسکلتی و اجزای ورزشی معطوف شد. در این زمینه، بعضی تحقیقات بهبود عملکرد ورزشی (۱۲-۱۴) و بعضی دیگر عدم تأثیر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی را بر عملکرد ورزشی گزارش کرده‌اند (۱۵، ۱۶).

اخیراً نشان داده شده است که آماده‌سازی ایسکمی فرایند بازگشت به حالت اولیه پس از فعالیت شدید را تسریع می‌کند (۱۷، ۱۸). سازوکارهای احتمالی برای این تأثیرات ارگونیک ممکن است شامل افزایش جریان خون، کاهش تولید اکسیدان، افزایش سطح آدنوزین و یا کاهش پاسخ التهابی باشد (۱۸). آوریل<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی پس از فعالیت فزاینده دوچرخه‌سواری به بهبود ریکاوری و در نتیجه افزایش عملکرد رکاب‌زنی در ۲۴ ساعت بعد منجر شد (۱۷). فرانز<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی پیش از فعالیت، کوفتگی عضلانی تأخیری و سطح کراتین کیناز سرمی را کاهش داد

1. Ischemic preconditioning

2. Arriel

3. Franz

(۱۸). پیچ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به کاهش کوفتگی عضلانی تأخیری و سطح کراتینین کیناز سرمی و در نتیجه بهبود ریکاوری پس از فعالیت شدید انجامید (۱۹). در مقابل، هالی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۹) نتیجه گرفتند که پیش‌آماده‌سازی پس از انقباض ایزومتریک ارادی بیشینه عضلات بازکننده زانو بر شاخص‌های محیطی و عصبی خستگی اثری نداشت (۲۰). نورسی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) عدم تأثیر دوره‌های متناوب ایسکمی بعد از فعالیت خسته‌کننده مقاومتی (پس‌آماده‌سازی ایسکمی) را بر ریکاوری متعاقب فعالیت گزارش کردند (۲۱). در مطالعات بالینی، اثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی حاد در جلوگیری از آسیب ایسکمیک کاهش یافت، در حالی که تکرار آن طی چند روز به تقویت اثر محافظتی آن منجر شد (۲۲). تحقیقات گزارش کردند که اعمال مکرر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در چند روز، سازگاری عضلات اسکلتی (ظرفیت اکسیداتیو و افزایش جریان خون عروق کوچک) را مستقل از فعالیت افزایش می‌دهد (۲۳) که می‌تواند بهبود عملکرد مشاهده‌شده را توضیح دهد (۲۴). از طرفی، با توجه به اینکه تأثیرات پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در دو فاز اولیه (۳ تا ۴ ساعت پس از رپرفیوژن) و تأخیری (۱۲ تا ۲۴ ساعت پس از مداخله) شروع می‌شود، مواجهه تکراری با پیش‌آماده‌سازی ایسکمی پیش از اثر فاز تأخیری می‌تواند اثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر عملکرد عروق را در انسان تقویت کند (۲۳). براساس نتایج تحقیقات ذکر شده، ممکن است افزایش تواتر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی، تأثیرات بیشتری نسبت به اعمال یک جلسه پیش‌آماده‌سازی ایسکمی داشته باشد.

از آنجا که شواهد نشان داده‌اند تأثیرات ارگوژنیک پیش‌آماده‌سازی ایسکمی ممکن است ساعت‌ها طول بکشد، با این حال تواتر و زمان‌بندی مؤثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در زمینه بهبود عملکرد به‌روشنی مشخص نیست، بر این اساس، محققان در تحقیق حاضر فرض کردند که اگر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در چند روز متوالی قبل از فعالیت اعمال شود، ممکن است تأثیرات هم‌افزایی فاز حاد و تأخیری اتفاق بیفتد. به عبارت دیگر، آیا اثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر عملکرد ورزشی وابسته به تواتر است؟ از طرفی، با توجه به اینکه در مسابقات رسمی جودو، ورزشکاران برای کسب مدال باید طی یک روز چهار تا پنج مسابقه انجام دهند، ریکاوری خوب بین مسابقات و استفاده از راهکارهایی که بتواند در زمان کم ریکاوری را بهبود بخشد، ضرورت دارد. از این‌رو در پژوهش حاضر سعی شده است که یک رویداد رسمی جودو از نظر زمان‌بندی و تعداد مسابقات شبیه‌سازی شود. با توجه به تأثیرات محافظتی پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در آسیب ایسکمی-رپرفیوژن در بافت‌های مختلف، اگر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به‌عنوان یک روش آسان عملی و غیرتهاجمی که نیاز به تجهیزات و امکانات خاصی ندارد، بتواند فرایندهای التهابی و آپوپتوزی ناشی از مسابقه جودو را کاهش دهد، ممکن است به تسریع ریکاوری کمک کند. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر آپوپتوز ناشی از مسابقه جودو بود. همچنین اثر اعمال تکراری پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در چند روز متوالی پیش از مسابقه بر عملکرد جودوکاران بررسی شد.

## روش‌شناسی پژوهش

### طرح پژوهش و شرکت‌کنندگان

۱۲ نفر از جودوکاران مرد (با میانگین سنی  $22/14 \pm 5/4$  سال، وزن  $78/13 \pm 8/4$  کیلوگرم و قد  $176/14 \pm 7/2$  سانتی‌متر) که حداقل پنج سال سابقه تمرین جودو و یک‌بار تجربه قهرمانی در استان و شرکت در مسابقات کشوری را داشتند، به‌صورت داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. پیش از اجرای تحقیق، تمامی آزمودنی‌ها برگه رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل کردند، سابقه پزشکی آنها بررسی شد و آزمودنی‌ها بیماری خاصی نداشتند و هیچ دارویی استفاده نمی‌کردند. شایان ذکر است افرادی که دارای فشار خون بیشتر از  $140/100$  بودند و نیز افراد مبتلا به بیماری قلبی - عروقی، از تحقیق حذف شدند.

1. Page

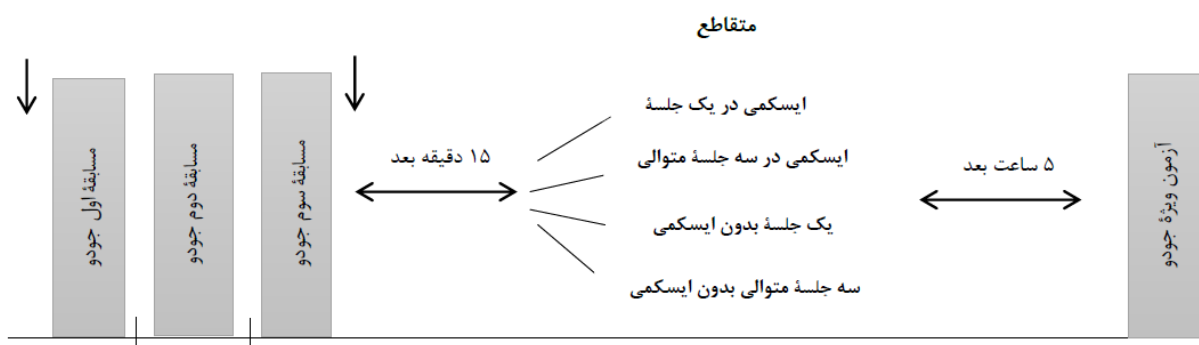
2. Halley

3. Northey

## روند اجرای تحقیق

برای انجام پژوهش، از تمام آزمودنی‌ها خواسته شد که از مصرف کافئین و فعالیت شدید، ۲۴ ساعت پیش از آزمون خودداری کنند. آزمودنی‌ها طی پنج جلسه مجزای متناوب به محل اجرای پژوهش آمدند. در جلسه اول، طرح و هدف پژوهش و روش اجرای آزمون‌ها توضیح داده شد و سن، قد، وزن و فشارخون استراحت اندازه‌گیری شد. سپس آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در چهار وضعیت ۱. اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی با تواتر کم (یک جلسه)، ۲. اعمال تواتر کم دوره‌های بدون فشار، ۳. اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی با تواتر زیاد (سه جلسه)، ۴. اعمال تواتر زیاد دوره‌های بدون فشار، قرار گرفتند. در هر جلسه و بین ساعات ۱۰ تا ۱۲، بعد از ۱۵ دقیقه گرم کردن، سه مسابقه شبیه‌سازی شده جودو (زندوری) با فاصله ۳۰ دقیقه از هم اجرا شد. زمان هر مسابقه چهار دقیقه بود (۲۵). همچنین پنج ساعت بعد (بین ساعت ۱۶ تا ۱۷)، آزمون ویژه جودو انجام گرفت. تواتر کم ایسکمی در یک جلسه و ۱۵ دقیقه بعد از مسابقه سوم انجام گرفت، درحالی‌که تواتر زیاد ایسکمی در سه جلسه اعمال شد. برای این منظور، جلسه اول ۴۸ ساعت پیش از مسابقه جودو اعمال شد که در آن آزمودنی به محل اجرای تحقیق مراجعه کرد و بدون اینکه فعالیتی انجام دهد، در وضعیت طاق‌باز خوابید و دوره‌های ایسکمی روی او اعمال شد. جلسه دوم ۲۴ ساعت پیش از پروتکل جودو و مشابه با جلسه اول اعمال شد. جلسه سوم در روز اجرای پروتکل جودو و ۱۵ دقیقه پس از مسابقه سوم صورت گرفت (۲۶) (شکل ۱).

پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در وضعیت طاق‌باز و با انسداد شریانی هر دو پا و در سه دور پنج دقیقه‌ای انسداد با پنج دقیقه رپرفیوژن انجام گرفت. برای این منظور، قسمت پروگزیمال هر دو ران با کاف برزنتی (۸۵ سانتی‌متر طول و شش سانتی‌متر عرض) که درون آن تیوب لاستیکی قرار داشت و دارای دو مجرا، یکی برای ورود هوا و دیگری برای نصب بارومتر بود (طراحی و ثبت شده توسط حسینی کاخک و همکاران در دانشگاه حکیم سبزواری)، بسته و به مقدار لازم باد شد. به منظور تعیین فشار مناسب کاف جهت محدود کردن جریان خون برای هر آزمودنی، حداکثر فشار انسداد برای چند آزمودنی با حجم ران متفاوت محاسبه شد. برای این منظور، از آزمودنی خواسته شد تا به صورت طاق‌باز بخوابد و کاف فشار دور قسمت پروگزیمال پا بسته شد. کاف به اندازه ۵۰ میلی‌متر جیوه برای ۳۰ ثانیه باد شد و سپس میزان باد به صورت متناوب ۴۰ میلی‌متر جیوه اضافه شد تا زمانی که نبض شریانی در قسمت قوزک داخلی پا مشهود نباشد. بار دیگر فشار کاف به صورت متناوب به اندازه ۱۰ میلی‌متر جیوه کم شد تا نبض دوباره برقرار شود. بالاترین فشاری که در آن نبض شریانی مشخص نبود، به عنوان حداکثر فشار انسداد تعیین شد (۲۷). به منظور اطمینان از انسداد جریان خون، در یک آزمایش پایلوت چند نفر از آزمودنی‌ها با دور ران متفاوت توسط دستگاه اولتراسونوگرافی بررسی شدند. دوره‌های بدون فشار مشابه با پیش‌آماده‌سازی ایسکمی انجام گرفت، با این تفاوت که فشار کاف در آنها ۲۰ میلی‌متر جیوه بود.



شکل ۱. طرح شماتیک تحقیق: هر فلش عمودی نشان‌دهنده خون‌گیری و فاصله بین اجرای مسابقات ۳۰ دقیقه است.

برای جلوگیری از اثر ریتم بیولوژی روزانه، آزمون‌ها در زمان مشابهی از روز و همچنین جلسات با فاصله پنج تا هفت روز اجرا شد. برای جلوگیری از اثر احتمالی مداخله‌ها، از طرح دوسویه‌کور استفاده شد که در آن هم محقق از ترتیب اجرای جلسات برای هر آزمودنی

بی‌اطلاع بود و هم آزمودنی‌ها از دلایل و منطق تحقیق مطلع نبودند (۱۲). همچنین به‌منظور حذف اثر احتمالی تمرین یا آشناسازی، ترتیب اجرای مداخله‌ها به‌صورت متقاطع انجام گرفت. مجموع تعداد حملات مؤثر در سه مسابقه، ضربان قلب بلافاصله و یک دقیقه پس از آزمون ویژه جودو به‌وسیله ضربان‌سنج پولار ارزیابی شد.

برای ارزیابی تعداد حملات مؤثر در مسابقه شبیه‌سازی شده جودو، هر آزمودنی با یک حریف هم‌وزن و تقریباً هم‌سطح رقابت کرد. اگر در طول مسابقه امتیاز اییون (ضربه فنی) حاصل می‌شد، مسابقه تمام نمی‌شد و تا اتمام زمان چهار دقیقه ادامه می‌یافت. در آنالیز مسابقه، فقط حملات مؤثر اجرا شده در حالت ایستاده که ممکن بود به اجرای تکنیک و کسب امتیاز منجر شود، در نظر گرفته شد. هر جودوکار باید در شرایط واقعی و با تمرکز کامل مسابقه می‌داد. به‌منظور آنالیز مسابقه، دو مربی به‌صورت مستقل تعداد حملات مؤثر را ثبت کردند و در پایان نیز یک مربی دیگر با درجه بالاتر ارزیابی را انجام می‌داد (۲۵).

آزمون ویژه جسمانی جودو شامل سه مرحله: مرحله یک، ۱۵ ثانیه، مرحله دو و سه، ۳۰ ثانیه است که بین هر مرحله ۱۰ ثانیه استراحت وجود دارد. آزمون به این صورت اجرا می‌شود که در هر مرحله آزمودنی روی دو جودوکار هم‌قد و هم‌وزنش که در فاصله شش متری از هم قرار دارند، تکنیک اییون سوئی‌ناگه<sup>۱</sup> را با حداکثر تلاش و تا حداکثر تعداد ممکن اجرا می‌کند. آزمودنی در

شروع آزمون در بین دو جودوکار و در فاصله سه متری از هر کدام قرار می‌گیرد و با اعلام فرمان رو به‌سرعت به طرف جودوکار اول می‌رود و تکنیک را اجرا کرده و بعد به‌سرعت به طرف جودوکار دیگر می‌رود و تکنیک را بر روی او اجرا می‌کند و این اجرای تکنیک تا پایان زمان هر مرحله ادامه دارد. ضربان قلب آزمودنی در دو مرحله: ۱. بلافاصله پس از اتمام آزمون و ۲. یک دقیقه پس از اتمام آزمون به‌وسیله شمارش ۱۵ ثانیه‌ای نبض براکیال اندازه‌گیری شد. براساس ضربان قلب بعد از آزمون و تعداد کل اجراها در سه مرحله آزمون، شاخص آزمون از معادله زیر برآورد شد (۲۸):

$$(۱) \quad \text{شاخص آزمون جودو} = \text{ضربان قلب بلافاصله بعد از آزمون} + \text{ضربان قلب یک دقیقه بعد از آزمون} \div \text{تعداد تکنیک‌های اجرا شده}$$

پیش و بلافاصله پس از مسابقه جودو، از آزمودنی‌ها ۵ میلی‌لیتر خون از ورید بازویی گرفته شد. نمونه‌های خونی به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد جهت جداسازی سرم، سانتریفیوژ شدند. اندازه‌گیری سرمی Bcl-2 (با حساسیت ۱/۰۸ واحد بین‌الملل در میلی‌لیتر) و Bax (با حساسیت ۵/۲۶ واحد بین‌الملل در میلی‌لیتر) با روش الایزا و از کیت شرکت آزمایشگاهی تکنولوژی زیست‌سنجی (با CV درون‌سنجی و برون‌سنجی کمتر از ۸ و ۱۰ درصد) انجام شد (۲۹). به‌منظور محاسبه تغییرات حجم پلاسما، مقدار هماتوکریت و هموگلوبین در قبل و بعد از فعالیت اندازه‌گیری شد. این داده‌ها برای برآورد تغییرات حجم پلاسما مطابق معادله دیل و کاستیل (۱۹۷۴) استفاده شد (۳۰). برای رعایت ملاحظات اخلاقی، شرکت‌کنندگان مختار بودند در هر مرحله از تحقیق انصراف دهند. همچنین کمیته اخلاق دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد ساری با شناسه اخلاق (IR.IAU.SARI.REC.1399.157) بر تمامی مراحل تحقیق نظارت داشت.

## روش آماری

به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی استفاده شد که آمار توصیفی برای تعیین میانگین و انحراف معیار استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز از طریق آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شد. علاوه بر این، برای آزمون فرضیه‌های پژوهش از روش تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر و آزمون تعقیبی بونفرونی استفاده شد. سطح معناداری نیز  $P \leq 0.05$  در نظر گرفته شد.

<sup>۱</sup> Ipon Seoi Nage



## یافته‌های پژوهش

نتایج نشان داد که تغییرات حجم پلاسما پس از فعالیت  $۶/۴ \pm ۲/۱$  درصد کاهش یافت. مقادیر مربوط به متغیرهای آزمون جودو و همچنین متغیرهای آپوتوز در زمان‌های مختلف در جدول ۱ مشاهده می‌شود. نتایج نشان داد که اثر اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در تواترهای مختلف بر تعداد تکنیک‌های اجرا شده ( $PES=۰/۲۹۴$ ،  $P=۰/۰۲۶$ ،  $F=۳/۹۸۲$ ) و شاخص آزمون جودو ( $PES=۰/۲۱۸$ )،  $F=۲/۶۷۴$ ،  $P=۰/۰۳۹$ ، معنادار بود. مقایسه دو به دو گروه‌ها نشان داد تعداد تکنیک‌های اجرا شده در تواتر زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی منجر به افزایش معناداری نسبت به تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۳۱$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۱۲$ ) شد. بین وضعیت‌های تواتر کم پیش‌آماده‌سازی ایسکمی با تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۸۶$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۱۵۶$ ) تفاوت معناداری مشاهده نشد. نتایج برای شاخص آزمون جودو نشان داد که تواتر زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به کاهش معنادار شاخص آزمون نسبت به تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۴۱$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۰۸$ ) منجر شد. بین وضعیت‌های تواتر کم پیش‌آماده‌سازی ایسکمی با تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۱۷۶$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۲۱۳$ ) تفاوت معناداری مشاهده نشد.

مقایسه سطح Bax و Bcl-2 در زمان‌های مختلف بین وضعیت‌های متفاوت نشان داد در مقادیر قبل مسابقه این متغیرها بین وضعیت‌های مختلف تفاوت معناداری وجود ندارد ( $P>۰/۰۵$ ). سطح BCL-2 پس از مسابقه در وضعیت تواتر کم و زیاد ایسکمی افزایش معناداری نسبت به پیش از مسابقه داشت، درحالی‌که سطح BCL-2 پس از مسابقه در وضعیت تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۲۶$ ) کاهش معناداری نسبت به پیش از مسابقه داشت. مقایسه سطح BCL-2 بعد مسابقه نشان داد که در وضعیت تواتر کم ایسکمی نسبت به تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۰۱$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۰۱$ )، همچنین در تواتر زیاد ایسکمی نسبت به تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۰۱$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۰۱$ ) افزایش معناداری داشت.

نتایج نشان داد که سطح Bax پس از مسابقه در تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۱۱$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۱۹$ ) افزایش معناداری نسبت به پیش از مسابقه داشت، درحالی‌که در وضعیت تواتر کم ایسکمی ( $P=۰/۱۶۳$ ) و تواتر زیاد ایسکمی ( $P=۰/۱۲۸$ ) تفاوت معناداری بین مقادیر قبل و بعد از مسابقه مشاهده نشد. سطح Bax پس از مسابقه در تواتر کم ایسکمی کاهش معناداری نسبت به تواتر کم بدون فشار ( $P=۰/۰۲۱$ ) و تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۱۶$ ) و همچنین در تواتر زیاد ایسکمی نسبت به تواتر زیاد بدون فشار ( $P=۰/۰۳۴$ ) داشت.

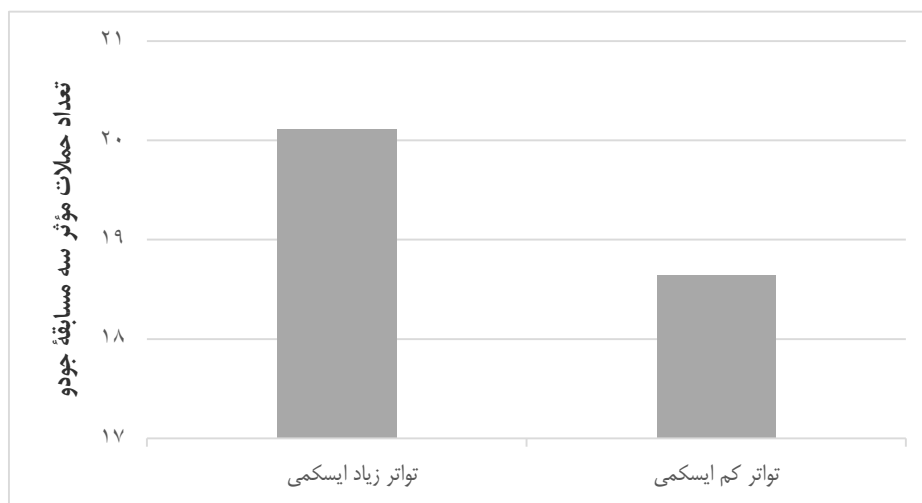
نتایج شکل ۱ نشان داد که اعمال تواتر زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به عدم‌تغییر معنادار مجموع تعداد حملات مؤثر در سه مسابقه متوالی جودو نسبت به اعمال دوره‌های بدون فشار منجر شد ( $P=۰/۱۲۶$ ).

جدول ۱. مقایسه شاخص‌های آزمون ویژه جودو و آپوتوزی در وضعیت‌های مختلف ایسکمی

شاخص	تواتر کم بدون فشار	تواتر کم ایسکمی	تواتر زیاد ایسکمی	تواتر زیاد بدون فشار
تعداد تکنیک‌های اجرا شده آزمون جودو (ng/ml)	$۲۴/۱۵ \pm ۰/۸$	$۲۵/۳۶ \pm ۱/۴$	$۲۶/۰۱ \pm ۰/۶$	$۲۴/۲۹ \pm ۱/۱$
شاخص آزمون جودو	$۱۳/۰۱ \pm ۰/۹$	$۱۲/۴۴ \pm ۰/۸$	$۱۲/۱۱ \pm ۰/۸$	$۱۲/۸۹ \pm ۰/۹$
Bcl-2 پیش از مسابقه (U/ml)	$۱۸۹/۸ \pm ۳۳/۷$	$۱۹۶/۷ \pm ۲۷/۲$	$۲۰۳/۵ \pm ۳۳/۴$	$۱۹۱/۴ \pm ۲۷/۱$
Bcl-2 پس از مسابقه (U/ml)	$۱۶۵/۴ \pm ۲۸/۱$	$۲۳۴/۸۱ \pm ۴۷/۶$	$۳۰۲/۵ \pm ۷۴/۶$	$۱۷۱/۳ \pm ۲۸/۵$
Bax پیش از مسابقه (U/ml)	$۱۳/۶ \pm ۱/۳$	$۱۳/۳ \pm ۱/۳$	$۱۳/۷ \pm ۰/۹$	$۱۴/۱ \pm ۱/۱$
Bax پس از مسابقه (U/ml)	$۱۹/۹ \pm ۱/۷$	$۱۳/۸ \pm ۱/۶$	$۱۴/۰۴ \pm ۴/۸$	$۱۶/۲ \pm ۲/۵$

\* تفاوت معنادار با تواتر کم بدون فشار € تفاوت معنادار با تواتر زیاد بدون فشار † تفاوت معنادار با پیش از مسابقه





نمودار ۱. مقایسه تعداد حملات مؤثر در سه مسابقه متوالی جودو بین وضعیت‌های مختلف ایسکمی

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی تحقیق حاضر، بررسی اثر پاسخ به تواتر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر مسابقه شبیه‌سازی شده جودو و آپوتوز ناشی از آن بود. نتایج تحقیق نشان داد که تواتر کم پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر عملکرد آزمون ویژه جودو اثری نداشت، ولی تواتر زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به بهبود اجرای آزمون ویژه جودو منجر شد. تحقیقات کمی اثر پاسخ به تواتر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بر عملکرد ورزشی را بررسی کرده‌اند. بعضی مطالعات نشان داده‌اند که زمان و تعداد چرخه‌های ایسکمی-رپرپیوژن ممکن است تأثیرات متفاوتی داشته باشد (۱۲، ۲۶، ۳۱). در این زمینه، پاترسون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند اعمال حاد (یک جلسه) و تکراری (در سه روز متوالی) پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به بهبود ریکاوری در اجرای حداکثر انقباض ارادی در ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از یک فعالیت برون‌گرا که با آسیب عضلانی تأخیری همراه بود، منجر شد، ولی در ۴۸ ساعت پس از پروتکل برون‌گرا ریکاوری در گروه اعمال تکراری سریع‌تر بود. فرزانه حصاری و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی همزمان در دست‌ها و پاها پیش از فعالیت بر تعداد تکنیک‌های اجرا شده در آزمون ویژه جودو و برون‌ده توان بی‌هوازی نسبت به اعمال آن در دست‌ها و پاها اثر بیشتری داشت. در مقابل، در تحقیق ماروکولو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۸) اثر دو پروتکل آماده‌سازی ایسکمی پس از فعالیت با زمان‌های مختلف (دو چرخه پنج‌دقیقه‌ای و پنج چرخه دودقیقه‌ای) بر عملکرد دوچرخه‌سواری تایم تریل بررسی شد و نتایج نشان داد که هر دو پروتکل به بهبود زمان عملکرد دوچرخه‌سواری منجر شد. کاکینگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که اعمال پروتکل طولانی‌تر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی (هشت چرخه پنج‌دقیقه‌ای) پیش از فعالیت بر مدت زمان رکاب‌زنی اثر متفاوتی در مقایسه با چرخه‌های کوتاه‌تر (چهار چرخه پنج‌دقیقه‌ای) نداشت (۳۲). از دلایل احتمالی تفاوت در نتایج مطالعات می‌تواند متفاوت بودن روش اعمال تواتر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی باشد. در تحقیق حاضر، تواتر زمانی پیش‌آماده‌سازی ایسکمی مدنظر بود و در سه روز متوالی قبل فعالیت اعمال شد، ولی در تحقیق کاکینگ و همکاران تواتر مربوط به چرخه‌های پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بود، به طوری که تواتر بیشتر به صورت هشت چرخه پنج‌دقیقه‌ای و تواتر کم به صورت چهار چرخه پنج‌دقیقه‌ای اعمال شد. هر دو پروتکل در یک جلسه و ۳۰ دقیقه قبل از فعالیت اعمال شد.

1. Patterson

2. Marocolo

3. Coging

فاز ثانویه و تأخیری پیش‌آماده‌سازی ممکن است بخشی از نتایج تحقیق حاضر مبنی بر اثر بیشتر اعمال پیش‌آماده‌سازی در روز قبل از فعالیت را توجیه کند. در این زمینه، سیگر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷) مداخله ایسکمی-رپرپیوژن را قبل از دوی پنج کیلومتر اعمال کرد و افزایش عملکرد بلافاصله و ۲۴ ساعت بعد از مداخله را گزارش کردند (۱۶). پیچ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) پیش‌آماده‌سازی ایسکمی را پس از یک فعالیت مقاومتی اعمال و کاهش کمتر در حداکثر قدرت ایزومتریک ارادی را ۲۴ ساعت بعد از آن مشاهده کردند (۲۰). بیون<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲) اثر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی پس از یک فعالیت شدید را بررسی کردند و اثر مثبت بر عملکرد توانی و سرعت در بلافاصله و ۲۴ ساعت پس از اعمال ایسکمی را نشان دادند (۳۳). اگرچه این پژوهش‌ها نتایج تحقیق حاضر را تأیید کردند، با این حال، نوری و همکاران (۲۰۱۶) بهبود در عملکرد را ۲۴ ساعت پس از اعمال آماده‌سازی ایسکمی بعد از اسکوات و پرش عمودی گزارش نکردند. این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل سطح تمرینی آزمودنی‌ها (تمرین کرده یا افراد فعال) باشد. این فرضیه وجود دارد که افراد تمرین کرده پاسخ‌های متفاوتی در مقایسه با افراد کمتر تمرین کرده به مداخله‌های پیش‌آماده‌سازی ایسکمی دارند (۳۴). فاز تأخیری با فراخوانی چندین مسیر پیچیده سیگنالی (مانند آدنوزین، برادی کینین، اپوئیدها، سیتوکاین‌ها یا اکسید نیتریک) که در همان روز اعمال محرک پیش‌آماده‌سازی ایسکمی فراخوانده می‌شوند، تقویت می‌شود. این عوامل به نوبه خود عوامل رونویسی را فعال می‌کنند که به سنتز واسطه‌هایی مانند ایزوفرمن نیتریک اکساید سنتتاز (iNOS) در ۱۲ تا ۲۴ ساعت بعد منجر می‌شود (۳۵). نیترات پلازما حین فاز حاد و بیان iNOS در فاز تأخیری افزایش می‌یابد (۳۶) و هر دو می‌توانند در افزایش تولید نیتریک اکساید مشارکت کنند. بنابراین با توجه به مکانیسم عمل نیتریک اکساید می‌توان افزایش کارایی میتوکندریایی و هزینه کمتر ATP برای تولید عضله را انتظار داشت (۳۷). علاوه بر این، نیتریک اکساید می‌تواند به وسیله کاهش سطح گونه‌های فعال اکسیژن، عملکرد را بهبود دهد که با کاهش خستگی عضلانی همراه است (۳۵). بنابراین افزایش احتمالی در غلظت نیتریک اکساید در ۲۴ ساعت بعد از پیش‌آماده‌سازی ایسکمی مکانیسم احتمالی در توضیح تأثیرات تأخیری این مداخله است.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اعمال حاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به افزایش غیرمعنادار تعداد تکنیک‌های اجرا در آزمون ویژه جودو منجر شد. در این زمینه، مونتوی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که مدت زمان دویدن ۲/۴ کیلومتری به دنبال اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی تفاوتی با گروه شم نداشت (۱۵). سیگر و همکاران (۲۰۱۷) عدم بهبود عملکرد دویدن ۵ کیلومتر بعد از پیش‌آماده‌سازی ایسکمی را گزارش کردند (۱۶). در مقابل، ریبیریو<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) افزایش تعداد تکنیک‌های اجرا شده در آزمون ویژه جودو را پس از پیش‌آماده‌سازی ایسکمی نشان دادند (۱۴). فرزانه حساری و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به بهبود آزمون ویژه جودو انجامید. تفاوت در زمان بین اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی و شروع فعالیت ممکن است از عوامل احتمالی تفاوت بین تحقیق ریبیریو و همکاران با تحقیق حاضر باشد. در تحقیق ریبیریو و همکاران و فرزانه حساری و همکاران، آزمون ویژه جودو ۳۰ دقیقه بعد از پیش‌آماده‌سازی ایسکمی فعالیت بی‌هوای شروع شد، در صورتی که در تحقیق حاضر این فاصله زمانی حدود ۵ ساعت بود.

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که پروتکل پژوهش حاضر که شامل سه مسابقه شبیه‌سازی شده جودو بود، به افزایش آپوپتوزیس منجر شد و هر دو تواتر کم و زیاد پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به کاهش شاخص پیش‌آپوپتوزی Bax و افزایش شاخص ضدآپوپتوزی Bcl-2 پس از مسابقه جودو انجامید. طبق دانش محققان، تاکنون تحقیقی آپوپتوز ناشی از مسابقه جودو را بررسی نکرده است، بنابراین اثر فعالیت‌های دیگر بررسی شد. مشابه با نتایج تحقیق حاضر، سادو<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که انقباض‌های برون‌گرا به افزایش

4. Seeger

5. Page

6. Beaven

1. Montoye

2. Riberio

3. Sudo

نسبت Bax/Bcl-2 منجر شد (۳۸). افزایش بیان ژن Bax و کاهش Bcl-2 متعاقب فعالیت حاد هوازی در تحقیق لی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شد (۳۹). در مقابل، سان<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند متعاقب یک وهله شنای طولانی‌مدت وامانده‌ساز بیان ژن Bax و نسبت Bax/Bcl-2 عضله دوقلوی موش‌های صحرایی تغییری نداشت (۴۰). کوادری لاترو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که دو ساعت دوچرخه‌سواری با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی بر سطح Bax عضله اسکلتی تأثیری ندارد (۴۱). تفاوت در نوع و شدت فعالیت، اندازه‌گیری بافت‌های مختلف و آزمودنی‌های مختلف ممکن است تفاوت در نتایج مطالعات را توجیه کند. در تحقیق سونو و همکاران، اثر انقباض برون‌گرا در عضله درشت نئی قدامی بر آپوپتوز موش‌های ویستار اعمال شد. لی و همکاران اثر دو فعالیت دویدن با شدت متوسط تا واماندگی و با شدت بالا تا واماندگی بر آپوپتوز سلول‌های عصبی هیپوکامپ موش‌های ویستار را بررسی کردند. در تحقیق کوادری لاترو فعالیت شامل دویدن با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن اوج بود و آزمودنی‌ها افراد فعال بودند.

مکانیسم‌هایی که از طریق آنها پیش‌آماده‌سازی ایسکمی بیان Bcl-2 و Bax در پی آسیب ایسکمی پرفیوژن را تعدیل می‌کند، به‌روشنی مشخص نیست. با وجود این بعضی سازوکارهای احتمالی مطرح شده است. چنگ<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که بیان p-STAT3 بعد از ایسکمی افزایش یافت. علاوه بر این، پس‌آماده‌سازی ایسکمی به افزایش بیان p-STAT3 در ناحیهٔ دچار ایسکمی منجر شد. این موضوع با کاهش نسبت Bcl-2/Bax و تعداد سلول‌های آپوپتوزی و تضعیف آسیب ایسکمی-پرفیوژن مطابقت داشت. این نتایج نشان می‌دهد که p-STAT3 ممکن است یک عامل ضدآسیب درون‌زا باشد و مسیر سیگنالینگ JAK2-STAT3 ممکن است تأثیرات محافظتی پس‌آماده‌سازی ایسکمی را به‌وسیلهٔ تنظیم بیان Bcl-2/Bax تعدیل کند (۴۲). از طرفی، بیان بیش‌ازحد TNF- $\alpha$  ممکن است به‌وسیلهٔ تنظیم رونویسی عوامل التهابی توسط NF- $\kappa$ B تعدیل شود (۴۳). نشان داده شده است که پس‌آماده‌سازی ایسکمی بیان TNF- $\alpha$  و پروتئین NF- $\kappa$ B را در ناحیهٔ ایسکمی کاهش می‌دهد. اتصال TNF- $\alpha$  به گیرنده‌اش، آبشار کاسپاز را القا می‌کند که موجب آپوپتوز می‌شود (۴۲). تنظیم کاهشی TNF- $\alpha$  از طریق پس‌آماده‌سازی ایسکمی در ناحیهٔ ایسکمی ممکن است یکی از دلایلی باشد که موجب کاهش آپوپتوز می‌شود. مطالعات بیشتر برای بررسی نقش سیگنالینگ STAT3 در تنظیم بیان TNF- $\alpha$  و NF- $\kappa$ B ناشی از آسیب ایسکمی-پرفیوژن و همچنین اثرات محافظتی پس‌آماده‌سازی ایسکمی مورد نیاز است.

علاوه بر این، چندین تحقیق نشان داده‌اند که پیش‌آماده‌سازی به‌وسیلهٔ مسیر وابسته به PKC، آپوپتوز را کاهش می‌دهد. نشان داده شده است که مهار PKC ممکن است اثر محافظتی پیش‌آماده‌سازی را مهار کند و همزمان ممکن است مکانیسم آپوپتوز را القا کند. علاوه بر این، PKC $\epsilon$  و نه PKC $\delta$  در مهار آپوپتوز و به‌وسیلهٔ آماده‌سازی پس از ایسکمی شبیه‌سازی شده و اکسیژناسیون مجدد درگیر است (۴۴). علاوه بر سازوکارهای ذکر شده، کانال‌های K<sub>ATP</sub> میتوکندری، به‌وسیلهٔ تولید رادیکال‌های آزاد مشتق از اکسیژن، به‌طور چشمگیری در مکانیسم محافظتی پیش‌آماده‌سازی ایسکمی مشارکت دارد. علاوه بر تأثیرات مستقیم بر عملکرد میتوکندری، باز شدن کانال‌های K<sub>ATP</sub> میتوکندریایی ممکن است تأثیرات ثانویه روی سیگنالینگ سلول همانند فعال‌سازی PKC $\epsilon$  داشته باشند (۴۴).

یکی از محدودیت‌های ذکر شده در تحقیقات گذشته استفاده از فشار یکسان برای ایجاد ایسکمی برای تمام آزمودنی‌ها با محیط و حجم ران متفاوت بود. با توجه به اینکه برای انسداد جریان خون باید محیط عضو را در نظر گرفت، بنابراین استفاده از فشار مطلق ممکن است برای همه مناسب نباشد. در تحقیق حاضر فشار لازم برای انسداد به‌صورت فردی به‌کار رفت و از دستگاه اولتراسونوگرافی و شاخص بالینی نبود نبض در اندام تحتانی برای اطمینان از انسداد جریان خون بهره گرفته شد.

در مجموع، به‌نظر می‌رسد که اجرای آزمون ویژهٔ جودو در جودوکاران تحت تأثیر تواتر پیش‌آماده‌سازی ایسکمی قرار دارد، به‌طوری‌که اعمال پیش‌آماده‌سازی ایسکمی در چند روز متوالی پیش از مسابقه تأثیرات بیشتری دارد. از طرفی، هر دو تواتر کم و زیاد پیش‌آماده‌سازی

1. Li

2. Sun

3. Quadrilatero

4. Cheng

ایسکمی به بهبود وضعیت آپوتوزی پس از مسابقه جودو منجر می‌شود. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، پیش‌آماده‌سازی ایسکمی به‌عنوان یک کمک ارگونومیک می‌تواند عملکرد جودوکاران را بهبود بخشد و ممکن است به بهبود ریکاوری پس از مسابقه کمک کند.

## تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد ساری است. از تمامی آزمودنی‌هایی که در این پژوهش شرکت کردند و از داوران محترم به سبب ارائه نظرات ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

## References

1. [Franchini E, Brito CJ, Fukuda DH, Artioli GG. The physiology of judo-specific training modalities. J Strength Cond Res 2014; 28: 147.](#)
2. [Detanico D, Dal Pupo J, Franchini E, Dos Santos SG. Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. J Strength Con Res, 2015, 29\(4\):1010-16.](#)
3. [Franchini E, Lira FS, Julio UF, Antunes BM, Agostinho MF, Shiroma SA, et al. Cytokine, physiological, technical-tactical and time structure responses in simulated judo competition. Int J Perform Anal Sport, 2018,18:4, 595-608.](#)
4. [Quadrilatero J, Alway SE, Dupont-Versteegden EE. Skeletal muscle apoptotic response to physical activity: potential mechanisms for protection. Appl Physiol Nutr Metab, 2011;36\(5\): 608-17.](#)
5. [Wang Z-B, Liu Y-Q, Cui Y-F. Pathways to caspase activation. Cell biology international 2005; 29: 489-96.](#)
6. [Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. Sports Med Auckl NZ, 2006; 36: 781-796.](#)
7. [Wang WZ, Baynosa RC, Zamboni WA. Therapeutic interventions against reperfusion injury in skeletal muscle. J Surg Res 2011; 171\(1\):175-182.](#)
8. [Taylor RC, Cullen SP, Martin SJ, Apoptosis: controlled demolition at the cellular level. Nat Rev Mol Cell Biol 2008; 9\(3\): 231-41.](#)
9. [Okubo S, Tanabe Y, Takeda K, Kitayama M, Kanemitsu S, Kukreja RC, et al. Ischemic preconditioning and morphine attenuate myocardial apoptosis and infarction after ischemia-reperfusion in rabbits: role of  \$\delta\$ -opioid receptor. Am J Physio. 2004; 287\(4\):1786-91.](#)
10. [Murry CE, Jennings RB, Reimer KA. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. Circulation. 1986;74\(5\):1124-1136.](#)
11. [Candilio L, Hausenloy DJ, Yellon DM. Remote ischemic conditioning: a clinical trial's update. J Cardio vasc Pharmacol Ther. 2011; 16\(3\):304-12.](#)
12. [Farzaneh Hesari A, Hoseini Kakhk SAR, Hamedia Nia MR. The Effects of Ischemic Preconditioning in Different Limbs on Performance in Judo Athletes. Sport Physiology. 2016; 8\(32\):31-48. \(In Persian\)](#)
13. [Paradis-Deschênes P, Joannisse DR, Billaut F. Ischemic preconditioning improves time trial performance at moderate altitude. Med Sci Sports Exerc, 2018; 50\(3\): 533-41.](#)
14. [De Souza Ribeiro A, Da Silva Novaes J, Martinez D, Da Silva Telles A, Raider L, Laterza MC, et al. Acute effect of ischemic preconditioning on the performance of judo athletes. Arch Budo Sci Martial Art Extreme Sport, 2018; 14: 161-170.](#)
15. [Montoye AH, Mitchinson CJ, Townsend OR, Nemmers CH, Serkaian CN, Rider BC. Ischemic preconditioning does not improve time trial performance in recreational runners. Int J Exerc Sci, 2020, 13\(6\): 1402-1417.](#)
16. [Seeger JP, Timmers S, Ploegmakers DJ, Cable NT, Hopman MT, Thijssen DH. Is delayed ischemic preconditioning as effective on running performance during a 5 km time trial as acute IPC? J Sci Med Sport, 2017, 20\(2\): 208-12.](#)
17. [Arriel RA, de Souza HLR, da Mota GR, Marocolo M. Declines in exercise performance are prevented 24 hours after post-exercise ischemic conditioning in amateur cyclists. PloS one, 2018; 13\(11\): e0207053.](#)

18. [Franz A, Behringer M, Harmsen J-F, Mayer C, Krauspe R, Zilkens C, et al. Ischemic preconditioning blunts muscle damage responses induced by eccentric exercise. Med Sci Sports Exerc 2018; 50\(1\):109–115.](#)
19. [Page W, Swan R, Patterson SD. The effect of intermittent lower limb occlusion on recovery following exercise-induced muscle damage: A randomized controlled trial. J Sci Med Sport, 2017; 20\(8\):729–733.](#)
20. [Halley SL, Marshall P, Siegler JC. The effect of IPC on central and peripheral fatiguing mechanisms in humans following maximal single limb isokinetic exercise. Physiol Rep, 2019, 7\(8\): e14063.](#)
21. [Northey JM, Rattray B, Argus CK, Etxebarria N, Driller MW. Vascular occlusion and sequential compression for recovery after resistance exercise. J Strength Cond Res 2016; 30\(2\):533–539.](#)
22. [Kono Y, Fukuda S, Hanatani A, Nakanishi K, Otsuka K, Taguchi H, et al. Remote ischemic conditioning improves coronary microcirculation in healthy subjects and patients with heart failure. Drug Des Devel Ther, 2014; 8:1175–81.](#)
23. [Jeffries O, Waldron M, Pattison JR, Patterson SD. Enhanced local skeletal muscle oxidative capacity and microvascular blood flow following 7-day ischemic preconditioning in healthy humans. Front Physiol, 2018; 9:463.](#)
24. [Jeffries O, Evans DT, Waldron M, Coussens A, Patterson SD. Seven-day ischaemic preconditioning improves muscle efficiency during cycling. J Sports Sci, 2019;37\(24\):2798-2805.](#)
25. [Durkalec-Michalski K, Nowaczyk PM, Główka N, Grygiel A. Dose-dependent effect of caffeine supplementation on judo-specific performance and training activity: a randomized placebo-controlled crossover trial. J Inter Soc Sports Nutr. 2019, 16:38, 34-46.](#)
26. [Patterson SD, Swan R, Page W, Marocolo M, Jeffries O, Waldron M. The effect of acute and repeated ischemic preconditioning on recovery following exercise-induced muscle damage. J Scie Med Sport, 2021;24\(7\):709-714.](#)
27. [Gardashkhani S, Farzaneh A. The Comparison of Combination of 8 Weeks of Resistance Training with Blood Flow Restriction and Traditional Resistance Training Based on Linear and Undulating Periodization on Hypertrophy, Strength, Muscular Endurance and Explosive Power in Active Girls. Sport Biosciences. 2019;11\(2\):209-224. \(in persian\).](#)
28. [Sterkowicz S, Franchini E. Specific fitness of elite and novice judoists. Hum Kinet, 2001;6\(1\):81-98.](#)
29. [Tarantino G, Scopacasa F, Colao A, Capone D, Tarantino M, Grimaldi E, et al. Serum Bcl-2 concentrations in overweight-obese subjects with nonalcoholic fatty liver disease. World J Gastroenterol, 2011;17\(48\):5280.](#)
30. [Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. J Appl Physiol. 1974;37\(2\):247-248.](#)
31. [Marocolo M, Simim MAM, Bernardino A, Monteiro IR, Patterson SD, da Mota GR. Ischemic preconditioning and exercise performance: shedding light through smallest worthwhile change. Eur J Appl Physiol. 2019;119\(10\):2123-2149.](#)
32. [Cocking S, Wilson MG, Nichols D, Cable NT, Green DJ, Thijssen DH, et al. Is there an optimal ischemic-preconditioning dose to improve cycling performance? Int J Sports Physiol Perform. 2018;13\(3\):274-282.](#)
33. [Beaven CM, Cook CJ, Kilduff L, Drawer S, Gill N. Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise. Appl Physiol Nutr Metab Physiol, 2012;37\(6\):1132-1139.](#)
34. [Gibson N, White J, Neish M, Murray A. Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. Int J Sports Physiol and Perform. 2013;8\(6\):671-676.](#)
35. [Powers SK, Ji LL, Kavazis AN, Jackson MJ. Reactive oxygen species: impact on skeletal muscle. Compr Physiol. 2011;1\(2\):941.](#)
36. [Wang G, Li X, Wang H, Wang Y, Zhang L, Zhang L, et al. Later phase cardioprotection of ischemic post-conditioning against ischemia/reperfusion injury depends on iNOS and PI3K-Akt pathway. Am J Transl Res. 2015;7\(12\):2603.](#)
37. [Larsen FJ, Schiffer TA, Borniquel S, Sahlin K, Ekblom B, Lundberg JO, et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. Cell Metab. 2011;13\(2\):149-159.](#)

38. [Sudo M, Kano Y. Myofiber apoptosis occurs in the inflammation and regeneration phase following eccentric contractions in rats. J Physiol Scie. 2009;59\(6\):405-412.](#)
39. [Li S, Liu J, Yan H. Medium-intensity acute exhaustive exercise induces neural cell apoptosis in the rat hippocampus. Neural regen res. 2013;8\(2\):127.](#)
40. [Sun Y, Cui D, Zhang Z, Zhang T, Shi J, Jin H, et al. Attenuated oxidative stress following acute exhaustive swimming exercise was accompanied with modified gene expression profiles of apoptosis in the skeletal muscle of mice. Oxidative med cell longevity. 2016; 8,25.](#)
41. [Quadriatero J, Bombardier E, Norris SM, Talanian JL, Palmer MS, Logan HM, et al. Prolonged moderate-intensity aerobic exercise does not alter apoptotic signaling and DNA fragmentation in human skeletal muscle. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2010;298\(3\):E534-E547.](#)
42. [Cheng Z, Li L, Mo X, Zhang L, Xie Y, Guo Q, et al. Non-invasive remote limb ischemic postconditioning protects rats against focal cerebral ischemia by upregulating STAT3 and reducing apoptosis. Int J Mol Med, 2014;34\(4\):957-966.](#)
43. [Ginis I, Jaiswal R, Klimanis D, Liu J, Greenspon J, Hallenbeck JM. TNF- \$\alpha\$ -induced tolerance to ischemic injury involves differential control of NF- \$\kappa\$ B transactivation: the role of NF- \$\kappa\$ B association with p300 adaptor. J Cereb Blood Flow Metab, 2002;22\(2\):142-152.](#)
44. [Liu H, McPherson BC, Yao Z. Preconditioning attenuates apoptosis and necrosis: role of protein kinase C \$\epsilon\$  and- \$\delta\$  isoforms. Am J Physiol Cyr Physiol, 2001;281\(1\):404-10.](#)