# The effect of ambient temperature on exercise-induced DNA damage in cadet wrestlers

**Received:**
2024/02/20
**Accepted:**
2024/08/20
Online ISSN
3060-7078

**Navid Lotfi**
Research Institute of Sport Sciences and Health, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran.
**Bahman Mirzaei**
Department of Exercise Physiology, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
**Kambiz Moradi-Dehbaghi**
Department of Sport Sciences, Faculty of Humanities, West Tehran Branch, Islamic Azad University,Tehran, Iran.

*Correspondence:
Navid Lotfi
Email:
navid_lotfi2008@yahoo.com
orcid/0000-0002-1366-5058

## ABSTRACT

**Purpose:** Performing intense physical activities leads to oxidative stress and DNA damage in athletes, which in combination with environmental factors such as changes in the ambient temperature of the training environment can have negative effects on the health and success of athletes. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effects of different ambient temperatures on the 8-OHdG index in cadet wrestlers.
**Materials and Methods:** 21 top cadet wrestlers of Kurdistan province clubs (age: 15.04±0.8 years, weight: 59.20±12.67 kg, height: 163.47±7.39 cm, body fat: 10.03±3.39 percent) participated as subjects in this study. After providing the desired temperature (30, 18 and 10 $^{\circ}C$), subjects were asked to complete a Wrestling Technique Based Circuit Training protocol. Urinary samples were collected before the exercise, immediately and 30 minutes after the exercise.
**Results:** The results showed that the level of 8-hydroxy-2-deoxyguanosine (8-OHdG) increased in three groups after training, but this increase was not statistically significant in any of the groups ($p<0.05$). Also, 8-OHdG levels increased 30 minutes after exercise in all three groups. However, there were no significant changes within and between groups ($p>0/05$).
**Conclusion:** The results showed that performing wrestling training in different environmental temperatures has no significant effect on the augmentation of DNA oxidative damage in cadet wrestlers. Despite this, due to the higher level of 8-OHdG in the high temperature training group, it is recommended for coaches to pay special attention to the temperature of training and competitions gyms of cadet wrestlers in order to reduce environmental pressures.

**Keywords:** Anaerobic exercise, Cadet, DNA, Environment

**Extended abstract**

**Background** Sport and regular physical activity can maintain and improve physical and mental health [1–3]. However, in recent years, discussion about the harmful effects of intensive activities and training in different environments on health, particularly in children and adolescents, has been a topic of interest to physiologists, physicians, and researchers around the world. The nature of many intensive sports activities and different exercises at championship levels may endanger human health [4]. It is widely accepted that exercise increases oxygen consumption, which in turn raises the production of reactive oxygen species (ROS) [5]. Reactive oxygen species (ROS) appear to cause oxidative DNA damage (6), and urine 8-OHdG excretion is a product and a good indicator of DNA damage caused by ROS [9, 10].

Orhan [8] found that the athletes who exercised on a cycle ergometer had an increase in urinary 8-OHdG excretion on the day of exercise and on the 1st day after exercise. Inoue et al. reported that the urinary excretion of 8-OHdG tended to increase after a single bout of exercise. In another study, the urinary 8-OHdG excretion increased significantly in the first day or the first week of each cycling race. Alessio et al. [9] have shown that regular exercise causes oxidative damage to DNA and that intense activity, such as running a marathon, may harm DNA.

However, the antioxidant and oxidative damage repair systems seem to benefit from regular exercise. Hejazi found that 8 weeks of regular aerobic exercise with moderate intensity improved antioxidant function.

Environmental temperature seems to influence DNA damage. For example, long exposure to high temperatures can increase DNA damage through aggregates in natural proteins, ROS generation, and cell death. Increased ambient temperature can have an impact on immunological, hormonal, and cardiovascular reactions as well as have a negative impact on endurance exercise performance. The examination of factors such as environmental temperature that may affect the athletes' health is very important, but there are no studies that have examined this, especially in wrestling. Thus, the aim of this study was to examine the impact of various environmental temperatures on DNA oxidative damage in cadet wrestlers.

**Methodology:** 21 adolescent wrestlers were recruited from the Kurdistan province wrestling clubs and served as subjects in this study. Subject characteristics (mean ± SE) were as follows: age: 15.04±0.8 years, height: 163.47±7.39 cm, weight: 59.20±12.67 kg and body fat: 10.03±3.39%. Subjects were divided according to their individual characteristics into three equal groups: high-temperature (HT) (30°C), normal-temperature (NT) (18°C), and low-temperature (LT) (10°C). In the first session, individual features of subjects such as weight, height, and body fat percentage were measured and recorded, and subjects were familiarized with the study. In the second session, environmental conditions were created. Then, before the program, blood samples were collected. After warming up (including running and stretching exercises) for 10 minutes, the subjects were asked to complete the training program immediately. Blood sampling was repeated immediately and 30 minutes after exercise. A protocol of wrestling techniques based on the circuit exercise (WTBCE) designed by Rashid-Lamir et al. (2013) was used to simulate real wrestling match pressure [24]. One-way analysis of variance with Bonferroni post-hoc test was used to show differences between groups. Also, analysis of variance with repeated measures and Tukey post hoc test were used to show differences and changes within a group. Analyses were conducted using IBM SPSS version 23.0 for Windows at $p<0.05$.

**Results:** There was no significant difference among the three groups at pre-exercise in one-way ANOVA test. The results showed that 8-OHdG levels were increased in all three groups, but these increases were not significant in any group ($p > 0.05$). Also, after 30 minutes of active rest, despite

the increased levels of 8-OHdG, this change was higher in the HT group. However, the between-group and intergroup changes were not statistically significant ($p > 0.05$).

**Conclusion:** The results of the present study showed that 8-OHdG levels increased in all three groups; high-temperature (HT) (30°C), normal-temperature (NT) (18°C) and low-temperature (LT) (10°C), but this increase was not statistically significant. In addition, no significant differences were observed between groups. According to other findings that regular wrestling reduces oxidative damage in the present study wrestling enhanced the urine 8-OHdG excretion even in normal temperature. Additionally, although there was no significant increase after activity in the three groups, the increase in OHdG-8 was higher in the high- temperature group than in the other two groups. Our results are in line with other findings that exposure to high temperatures can increase DNA damage and long-term strenuous exercise under high temperature increases the 8-OHdG levels. The excretion of 8-OHdG was high after exercise and higher 30 minutes after exercise. Wrestling is an intense form of aerobic and anaerobic exercise. The results of our study show that ambient temperature in a such type of exercise as wrestling also can increase DNA damage. Pathological oxidative damage to the tissue in children and adolescents may have more severe consequences than in adults due to the need for tissue to match somatic growth. Based on the results of this study, it seems that physical exercise in a hot environment can exacerbate the symptoms of cell damage in adolescent wrestlers. Therefore, it is recommended that athletes and coaches pay attention to the ambient temperature in competition and training gyms for this age group. Additionally, ways to reduce these results such as fluid replacement are necessary. Further research is required about different types of exercise in various temperatures and ways to reduce DNA damage.

# اثر دمای محیط بر آسیب DNA ناشی از فعالیت بدنی در کشتی‌گیران نوجوان

**تاریخ ارسال:**
۱۴۰۲/۱۲/۰۱
**تاریخ پذیریش:**
۱۴۰۳/۰۵/۲۴
شاپا الکترونیکی
۳۰۶۰-۷۰۷۸

**نوید لطفی**
پژوهشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
**بهمن میرزایی**
گروه فیزیولوژی ورزش، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
**کامبیز مرادی ده باغی**
گروه علوم ورزشی، دانشکده علوم انسانی، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: نوید لطفی
ایمیل:
navid_lotfi2008@yahoo.com
orcid/0000-0002-1366-5058

## چکیده

**مقدمه:** انجام فعالیت‌های بدنی شدید سبب ایجاد استرس اکسایشی و آسیب DNA در ورزشکاران می‌شود که این موضوع در ترکیب با عوامل محیطی از جمله تغییرات دمای محیط تمرین می‌تواند بر سلامت و موفقیت ورزشکاران اثرات منفی بگذارد. از این رو، هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی اثرات دماهای محیطی مختلف بر شاخص 8-OHdG در کشتی‌گیران نوجوان بود.

**روش تحقیق:** تعداد ۲۱ نفر از کشتی‌گیران نوجوان برتر باشگاه‌های استان کردستان (سن: ۱۵/۰±۰۴/۸ سال، وزن: ۵۹/۲۰±۱۲/۶۷ کیلوگرم، قد: ۱۶۳/۴۷±۷/۳۹ سانتی‌متر، چربی بدن: ۱۰/۳±۰۳/۳۹ درصد) به‌عنوان آزمودنی در مطالعه حاضر شرکت کردند. پس از ایجاد شرایط دمایی موردنظر (دمای ۳۰، ۱۸ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد) از آزمودنی‌ها خواسته شد که پروتکل تمرینی مبتنی بر فنون کشتی را انجام دهند. نمونه‌های ادراری قبل، بلافاصله و ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت جمع‌آوری شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که سطح ۸-هیدروکسی-۲- دی اکسی گوانوزین (8-OHdG) در هر سه گروه بلافاصله پس از فعالیت افزایش داشت اما این افزایش در هیچ‌یک از گروه‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). همچنین، سطح 8-OHdG ۳۰ دقیقه پس از فعالیت هم در هر سه گروه افزایش یافت. باوجوداین، تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی از نظر آماری معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵).

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که انجام تمرین کشتی در دماهای محیطی مختلف بر تشدید آسیب اکسایشی DNA در کشتی‌گیران نوجوان اثر معنی‌داری ندارد. باوجوداین، با توجه به بالاتر بودن سطح 8-OHdG در گروه تمرین با دمای بالا، به مربیان توصیه می‌شود که جهت کاهش فشارهای محیطی به دمای سالن‌های تمرینی و مسابقات کشتی‌گیران نوجوان توجه ویژه‌ای داشته باشند.

**واژگان کلیدی:** فعالیت بی‌هوازی، کشتی‌گیر نوجوان، DNA، محیط

## مقدمه

ورزش و فعالیت بدنی منظم به‌عنوان یک روش سودمند و کم‌هزینه به‌منظور حفظ و ارتقای سلامتی جسمانی و روانی توسط بسیاری از محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. انجام فعالیت بدنی منظم می‌تواند اثرات بسیار مفیدی بر اندام‌های مختلف بدن از جمله قلب، ریه، کبد، کلیه، سیستم گوارشی و ... داشته باشد (۱). با وجود این، در صورتی که برخی از ملاحظات ویژه از جمله دمای محیط تمرینی، شرایط خاص بیماری‌ها، شرایط فیزیولوژیک افراد و ... مورد توجه قرار نگیرد ممکن است اثرات سودمند فعالیت ورزشی تحت تاثیر قرار گیرد و حتی موجب آسیب به افراد شود. این موضوع در سال های اخیر مورد توجه فیزیولوژیست‌ها، پزشکان و محققان قرار گرفته و در مطالعات مختلف اثرات عوامل محیطی و به ویژه دمای محیط تمرین و مسابقه و عوارض آن بر سلامت افراد و به‌ویژه کودکان و نوجوانان بررسی شده است.

یکی از آثار فعالیت بدنی شدید تولید گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) و استرس اکسایشی وارد بر بدن است. با افزایش مقادیر ROS فراتر از ظرفیت حفاظتی مکانیسم‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی، آسیب اکسایشی DNA ممکن است رخ دهد (۲). معمولاً DNA هسته‌ای و میتوکندریایی بافت‌های مختلف از جمله عضلات اسکلتی، قلب و کبد و همچنین، سلول‌های خونی به ویژه لنفوسیت‌ها محل آسیب اکسایشی هستند (۳). در ساختار DNA بین بازهای پورین و پیریمیدین، گوانین بیشتر مستعد اکسایش است و بلافاصله پس از اکسایش، یک گروه هیدروکسیل به موقعیت ۸ مولکول گوانین اضافه شده و ۸–هیدروکسی– ۲ دی اکسی گوانوزین (8–OHdG) که فرم غالب آسیب اکسایشی ناشی از رادیکال آزاد است شکل می‌گیرد (۳, ۴). 8-OHdG یکی از محصولات DNA آسیب‌دیده است که توسط گونه‌های اکسیژن فعال ایجاد می‌شود (۵, ۶).

ماهیت بسیاری از فعالیت‌های ورزشی شدید و انجام تمرینات مختلف در سطوح قهرمانی به‌گونه‌ای است که به‌تنهایی ممکن است سلامت افراد را به مخاطره اندازد. ترکیب این عوامل با عوامل محیطی از قبیل ارتفاع، دما و رطوبت‌های مختلف می‌تواند بر شدت این اثرات بیفزاید (۷). راکلیکل[1] و همکاران (۲۰۱۷) پاسخ‌های دمایی را در طول جلسات تمرینی در کشتی گیران فرنگی‌کار بررسی کردند و نشان دادند که دمای مرکزی آزمودنی‌ها در طول یک جلسه تمرین تغییر معنی داری ندارد (۸).(8) شواهد نشان می‌دهد که قرار گرفتن بلندمدت در معرض دمای بسیار بالا می‌تواند باعث افزایش آسیب DNA از طریق تجمع پروتئین‌های طبیعی، تولید ROS و مرگ سلولی در شرایط آب و هوایی گرم–مرطوب و گرم–خشک شود (۹). برخی مطالعات انجام‌گرفته در زمینه ایمونولوژی ورزش نشان می‌دهد که ورزش بسیار شدید می‌تواند سطح عملکرد ایمنی را کاهش دهد و ورزش شدید با تناوب‌های زیاد با سرکوب عملکرد ایمنی، افزایش علائم عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی (URTI)، فعال شدن مجدد عفونت نهان ویروسی و اختلال در پاسخ‌های ایمنی مرتبط است (۱۰–۱۲).

در مطالعات مختلف، پاسخ‌ها و سازگاری‌های نوجوانان و بزرگ‌سالان به فشار تمرینی و گرمایی مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. طبق نتایج این مطالعات کودکان و نوجوانان در مقایسه با بزرگ‌سالان نسبت به توده بدن، گرمای بیشتری تولید می‌کنند (۹, ۱۰). همچنین، کودکان و نوجوانان سطح آستانه تعریق بالاتر و ظرفیت تعریق پایین‌تری دارند. این عوامل سبب شده است که این افراد نسبت به بزرگسالان در صورت انجام فعالیت بدنی در محیط گرم در معرض خطرات بیشتری از جمله بیش‌گرمایی قرار گیرند (۱۰). با شناسایی اثرات احتمالی استرس‌های محیطی، مربیان و ورزشکاران می‌توانند تمرینات مناسبی را در جهت ایجاد سازگاری و کاهش اثرات منفی عوامل محیطی بر سلامت و عملکرد ورزشی به کار گیرند. با توجه به اهمیت دوره نوجوانی، لزوم شناسایی عوامل مؤثر بر موفقیت یا شکست یک ورزشکار، نقش عوامل محیطی بر سلامت افراد و به‌ویژه ورزشکاران و نبود مطالعات در زمینه کشتی‌گیران نوجوان، بنابراین، هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر دماهای محیطی مختلف بر شاخص آسیب اکسایشی DNA در کشتی‌گیران نوجوان است.

## روش تحقیق

### آزمودنی‌ها

مطالعه حاضر از نوع تحقیقات نیمه تجربی است. از میان کشتی‌گیران نوجوان برتر استان کردستان با دامنه سنی ۱۵ تا ۱۷ سال که در سال ۱۳۹۴ حائز مقام شده بودند، تعداد ۲۱ نفر به‌صورت هدفمند انتخاب شده و به‌عنوان آزمودنی در مطالعه حاضر شرکت کردند. همه‌ی آزمودنی‌ها دارای سابقه تمرین کشتی به مدت حداقل ۴ سال بودند. سپس، آزمودنی‌ها بر اساس وزن و ترکیب بدنی به سه گروه تمرین در دمای بالا (دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد)، گروه تمرین در دمای طبیعی (دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد) و گروه تمرین در دمای پایین (دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) تقسیم شدند (۱۱, ۱۲). معیار ورود

[1] Roklicer

به مطالعه عدم مصرف مکمل‌های غذایی و انرژی‌زا و مکمل‌های ویتامینی، داروهای ضدالتهابی از قبیل دگزامتازون و مسکن در ۶ ماه اخیر، سلامت کامل جسمانی از نظر عدم ابتلا به سرماخوردگی و آنفولانزا و سایر بیماری‌های عفونی و ویروسی و همچنین، عدم آسیب جسمانی بود (۱۳). آزمودنی‌ها مختار بودند که در صورت احساس ناراحتی‌های سلامتی و جسمانی در طول آزمون به‌صورت اختیاری از ادامه آن انصراف دهند. علاوه بر این، همه‌ی آزمودنی‌ها توسط پزشک متخصص از نظر سلامت کامل قلبی عروقی، تنفسی و کبدی مورد معاینه قرار گرفتند. از آزمودنی‌ها خواسته شد که به مدت حداقل یک هفته فعالیت بدنی شدید نداشته باشند و در مدت ۲۴ ساعت قبل از آزمون از مصرف مواد غذایی حاوی کافئین، الکل و سایر محرک‌ها خودداری کرده و میوه و سبزیجات را به مدت حداقل ۳ روز قبل از روز آزمون مصرف نکنند. همچنین، آزمودنی‌ها پس از ۱۲ ساعت ناشتایی به سالن مراجعه نمودند (۱۱).

اندازه‌گیری متغیرها

در جلسه نخست، اطلاعات فردی آزمودنی‌ها شامل وزن و قد ایستاده (با استفاده از ترازو و قدسنج سکا)، درصد چربی بدن به روش اندازه‌گیری ضخامت چربی زیرپوستی (دونقطه‌ای: سه سر بازویی و ساق پای راست) با استفاده از کالیپر لافایت و معادله اسلاتر (۱۹۸۸) که توسط لوهمن (۱۹۹۲) بازنویسی شده است (۱+ (جمع چربی زیرپوستی دو نقطه)×۰/۷۳۵=درصد چربی بدن) اندازه‌گیری و ثبت گردید (۱۴) و آزمودنی‌ها با روش انجام مطالعه آشنا شدند. علاوه بر این، به دلیل این‌که آزمودنی‌ها کمتر از ۱۸ سال داشتند، از والدین آن‌ها جهت شرکت در مطالعه رضایت‌نامه کتبی محضری دریافت شد. در جلسه دوم، شرایط محیطی موردنظر (دماهای مورد بررسی و رطوبت نسبی ۵۰ درصد) (۱۱) ایجاد شد و با یک زمان‌بندی مشخص از آزمودنی‌ها خواسته شد که در زمان‌های تعیین‌شده از ساعت ۸ الی ۱۰ صبح در محل آزمون حضور یابند. درست قبل از آغاز پروتکل تمرینی، نمونه‌های ادراری آزمودنی‌ها جمع‌آوری گردید. عمل نمونه‌گیری بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از انجام پروتکل تمرین مجدداً تکرار شد.

برای اندازه‌گیری و کنترل دمای آب‌معدنی ارائه‌شده به آزمودنی‌ها از دماسنج دیجیتالی لیزری میکرولایف مدل NC 100 ساخت کشور سوئیس با دقت ۰/۱± درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برای اندازه‌گیری دما و رطوبت سالن تمرین از دماسنج و رطوبت‌سنج دومنظوره دیجیتالی HTC-1 ساخت کشور چین استفاده گردید. برای کنترل دقیق دمای اطراف محیط تمرین از سه دماسنج و رطوبت‌سنج در سه نقطه مختلف سالن استفاده گردید (۱۱). همچنین، برای اندازه‌گیری شاخص 8-OHdG در هر مرحله (قبل، بلافاصله و ۳۰ دقیقه بعد از تمرین) ۱۰ سی‌سی نمونه ادراری از آزمودنی‌ها گرفته و برای بررسی آسیب اکسایشی DNA، سطح 8-OHdG در نمونه‌های ادرار به روش الایزای رقابتی و با استفاده دستگاه الایزا ریدر Stat Fax ساخت کشور آمریکا با استفاده از کیت الایزای شرکت ABNOVA (Catalog Number KA0444) ساخت کشور تایوان بر اساس دستورالعمل ارائه‌شده اندازه‌گیری گردید.

پروتکل تمرین

در جلسه آزمون، آزمودنی‌ها به مدت ۳۰ دقیقه جهت ایجاد سازگاری اولیه در محیط قرار گرفتند (۱۵). سپس، آزمودنی‌ها به مدت ۱۰ دقیقه حرکات گرم کردن شامل دو، نرمش و حرکات کششی را انجام داده و بلافاصله پروتکل تمرینی را اجرا کردند. برای ایجاد فشار تمرینی مشابه با مسابقه کشتی از پروتکل اصلاح‌شده تمرین دایره‌ای مبتنی بر فنون کشتی (WTBCE) ارائه‌شده توسط رشیدلمیر و همکاران استفاده شد (۱۶). به این منظور، ۸ ایستگاه با فاصله ۵ متر در نظر گرفته شد.

با فرمان «رو» آزمودنی پس از اجرای تکنیک در هر ایستگاه به‌سرعت و با تمام توان به ایستگاه بعدی رفته و تا اتمام زمان ۲ دقیقه (زمان مسابقه کشتی در رده سنی نوجوانان) به اجرای فنون (سالتو، فن کمر، کول‌انداز، پیچ‌پیچک، کمرگیری، سر زیر بغل، فیتو، پیش‌انداز) پرداخت. سپس، به مدت ۳۰ ثانیه استراحت نموده (فاصله استراحتی بین دو زمان ۲ دقیقه‌ای مسابقه کشتی) و مجدداً اجرای فنون ذکر شده را به مدت ۲ دقیقه تکرار کرد.

با فرمان «رو» آزمودنی پس از اجرای تکنیک در هر ایستگاه به‌سرعت و با تمام توان به ایستگاه بعدی رفته و تا اتمام زمان ۲ دقیقه (زمان مسابقه کشتی در رده سنی نوجوانان) به اجرای فنون می‌پرداخت.

بر اساس قوانین اتحادیه جهانی کشتی (UWW) می‌بایست بین دو مسابقه کشتی حداقل ۳۰ دقیقه فاصله باشد (۱۷)، به همین دلیل جهت شبیه‌سازی زمان مسابقه، نمونه‌گیری سوم پس از ۳۰ دقیقه صورت گرفت. در مدت ۳۰ دقیقه برای شبیه‌سازی شرایط مسابقه از آزمودنی‌ها خواسته شد با الگوی ارائه شده به‌طور دلخواه به استراحت فعال بپردازند و در این مدت به ازای هر کیلوگرم وزن بدن به میزان ۳ میلی‌لیتر آب‌معدنی هم‌دما با محیط تمرین (برای از بین بردن اثر خنک‌کنندگی در دمای بالا) در ۴ وهله مصرف نمایند (۱۸).

آزمون‌های آماری

برای دسته‌بندی اطلاعات و رسم جداول از آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار استفاده شد. برای بررسی طبیعی بودن داده‌ها از آزمون آماری شاپیرو–ویلک و برای بررسی تغییرات و اختلاف‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرها در زمان‌های قبل، بلافاصله و ۳۰ دقیقه پس از فعالیت از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر استفاده شد. کلیه آزمون‌ها به وسیله نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شدند.

## نتایج

اطلاعات آزمودنی‌ها

اطلاعات فردی آزمودنی‌ها شامل سن، وزن، قد ایستاده و درصد چربی بدن در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱.** ویژگی فردی آزمودنی‌ها

| | تعداد | سن (سال) | وزن (کیلوگرم) | قد (سانتی‌متر) | چربی بدن (٪) |
|---|---|---|---|---|---|
| گروه دمای پایین | ۷ | ۱۵/۱±۰۰/۰۰ | ۵۵/۸±۰۲/۳۵ | ۱۶۱/۷±۱۴/۹۲ | ۱۰/۲±۷۵/۸۴ |
| گروه دمای طبیعی | ۷ | ۱۵/۰±۱۴/۹۹ | ۵۴/۱۳±۷۸/۹۶ | ۱۶۰/۶±۲۸/۱۵ | ۹/۳±۱۴/۵۶ |
| گروه دمای بالا | ۷ | ۱۵/۰±۰۰/۸۱ | ۶۳/۱۳±۳۷/۵۴ | ۱۶۹/۵±۰۰/۲۵ | ۱۰/۴±۲۱/۰۲ |

## نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری

مقادیر مربوط به تغییرات شاخص 8–OHdG در سه گروه مورد آزمون در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که سطح شاخص 8–OHdG بلافاصله بعد از فعالیت شبیه‌سازی‌شده با کشتی در هر سه گروه افزایش داشته است؛ اما این افزایش در هیچ‌یک از گروه‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). با وجود این، بر اساس نتایج مشاهده شد که سطح شاخص 8–OHdG در گروه دمای بالا نسبت به گروه دمای پایین و دمای طبیعی به میزان بیشتری افزایش داشته است. همچنین، پس از ۳۰ دقیقه استراحت فعال سطح 8–OHdG افزایش داشت. با وجود این، تغییرات درون‌گروهی و بین گروهی از نظر آماری معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵) (جدول ۳).

**جدول ۲.** مقادیر مربوط به سطح **8-OHdG** به‌عنوان شاخص آسیب **DNA** در سه گروه دمای بالا، دمای طبیعی و دمای پایین

| متغیر | گروه | قبل از فعالیت | بعد از فعالیت | ۳۰ دقیقه بعد از فعالیت |
|---|---|---|---|---|
| **8-OHdG (ng /ml)** | دمای بالا | ۵/۰±۴۲/۷۱ | ۵/۰±۷۰/۵۷ | ۵/۰±۹۴/۴۷ |
| | دمای طبیعی | ۵/۰±۴۷/۸۵ | ۵/۰±۶۴/۶۹ | ۵/۰±۷۸/۵۵ |
| | دمای پایین | ۵/۰±۴۱/۷۰ | ۵/۰±۵۹/۷۶ | ۵/۰±۸۲/۵۲ |

**جدول ۳.** بررسی تأثیر دما، فعالیت و اثر تعاملی فعالیت و دما بر 8–OHdG

| | مجموع مجذورات | درجه آزادی | میانگین مجذورات | F | سطح معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|
| تأثیر دما | ۱/۸۰ | ۲ | ۱/۴۰ | ۱/۷۵ | ۰/۲۱ |
| تأثیر فعالیت | ۰/۰۷ | ۲ | ۰/۰۳ | ۰/۱۲ | ۰/۸۸ |
| تأثیر تعاملی فعالیت و دما | ۰/۰۸ | ۴ | ۰/۰۲ | ۰/۰۴ | ۰/۹۸ |

## بحث

نتایج مربوط به مطالعه حاضر نشان داد که سطح 8-OHdG در هر سه گروه افزایش داشت، اما این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود. علاوه بر این، اختلاف معنی‌داری بین سه گروه مشاهده نشد. با این وجود، افزایش سطح 8-OHdG در گروه دمای بالا نسبت به سایر گروه‌ها بیشتر بود. مطالعه حاضر با آنچه میرزایی و همکاران مبنی بر عدم افزایش سطح 8-OHdG ادراری کشتی‌گیران متعاقب آزمون وینگیت گزارش کردند، هم‌خوانی دارد (۵). علاوه بر این، نتایج مطالعه حاضر با نتایج رحیمی و شرفی، بلومر و همکاران و ناکاتانی و همکاران در توافق است (۳, ۴, ۱۹). در مقابل، نتایج مربوط به 8-OHdG در مطالعه حاضر با مطالعات آلمار و همکاران، اورهان و همکاران و راداک و همکاران که افزایش 8-OHdG را متعاقب فعالیت‌های بدنی گزارش کرده‌اند، هم‌خوانی ندارد (۶, ۲۰, ۲۱). احتمالاً عدم توافق در نتایج مطالعات ممکن است ناشی از تفاوت در شدت، نوع و مدت فعالیت باشد (۶, ۲۱). علاوه بر این، عدم توافق بین نتایج ممکن است مربوط به زمان نمونه‌گیری پس از فعالیت، نوع و مدت فعالیت، سطح آمادگی آزمودنی‌ها و نوع عضلات به کار گرفته‌شده (بالاتنه یا پایین‌تنه) باشد (۵).

هایپرترمی ناشی از فعالیت در محیط گرم و دهیدراسیون مرتبط با آن می‌تواند بر استرس اکسایشی ناشی از فعالیت بدنی اثرگذار باشد (۲۲) و تولید رادیکال آزاد ناشی از فعالیت و فشار گرمایی از دلایل آسیب DNA پس از فعالیت است (۲۳). با وجود عدم افزایش معنی‌دار متعاقب یک وهله فعالیت در سه گروه، میزان افزایش 8-OHdG به‌عنوان یک نشانگر زیستی آسیب اکسایشی در گروه دمای بالا نسبت به دو گروه دیگر بیشتر بود. به این دلیل که هزینه انرژی بین فعالیت در دمای طبیعی و گرم تفاوتی ندارد، محققان پیشنهاد می‌کنند که دمای عمقی ممکن است توجیه‌کننده تفاوت بین نشانگرهای استرس اکسایشی در دمای گرم‌تر باشد (۲۴).

علاوه بر این، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پس از ۳۰ دقیقه استراحت فاکتور 8-OHdG در آزمودنی‌ها نسبت به حالت استراحت افزایش داشته است. با وجود این، این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود. مطالعات نشان دادند که سطح 8-OHdG ادراری به‌طور معنی‌داری در مدت ۲۴ ساعت بعد از فعالیت افزایش می‌یابد (۳, ۵). در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد بخشی از عدم افزایش معنی‌دار این شاخص مربوط به ورزشکار بودن آزمودنی‌ها و سازگاری‌های ویژه مربوط به آن رشته باشد (۳). با وجود این، در مطالعه حاضر شواهدی مبنی بر افزایش ترشح 8-OHdG پس از یک وهله فعالیت شدید مشاهده نشد. به نظر می‌رسد شدت و مدت یک وهله فعالیت شبیه‌سازی‌شده کشتی در مطالعه حاضر برای افزایش آسیب اکسایشی DNA کافی نبوده است. علاوه بر این، سطح 8-OHdG در ادرار نتیجه مکانیسم‌های تولید و ترمیم 8-OHdG است و میزان افزایش آن بستگی به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی افراد دارد که این موضوع در افراد تمرین کرده بالاتر است (۲۶, ۲۷). همچنین، گزارش شده است که تمرینات کشتی سبب تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب DNA در کشتی گیران می‌شود (۲)؛ بنابراین، عدم افزایش معنی‌دار 8-OHdG در آزمودنی‌های مطالعه حاضر را می‌توان از این طریق توجیه کرد.

علاوه بر این، نتایج مربوط به گروه تمرین در دمای پایین نشان داد که میزان اکسایش DNA هنگام فعالیت در هوای سرد تغییر معنی‌داری ندارد. عدم تغییر معنی‌دار شاخص 8-OHdG در گروه دمای پایین ممکن است به دلیل کاهش شدت فعالیت و مکانیزم‌های انقباضی باشد (۲۸). انجام تمرینات در محیط‌هایی با دمای پایین علاوه بر سرکوب عوامل رشدی و محدودیت‌های جسمانی می‌تواند اثرات منفی بر سیستم ایمنی افراد و به ویژه بروز علایم عفونت مجاری تنفسی فوقانی گردد که این موضوع یکی از ملاحظات ویژه‌ای است که می‌بایست هنگام انجام تمرینات ورزشی مورد توجه قرار گیرد (۲۹).

ترشح ادراری 8-OHdG به‌عنوان یک نشانگر زیستی آسیب اکسایشی DNA در کل بدن انسان مورد توجه قرار گرفته است (۳). پیشنهاد شده است که استرس اکسایشی ناشی از فعالیت بی‌هوازی ممکن است به دلیل مسیرهای متنوعی از جمله تولید اکسیدازهای گزانتین و NADPH، متابولیسم پروستانوئید، ایسکمی/انتشار مجدد، فعالیت ناگهانی فاگوسیتیک تنفسی، اختلال در پروتئین‌های حاوی آهن و تغییر هومئوستاز کلسیم رخ دهد (۳). همان‌طور که قبلاً بیان شد ترشح 8-OHdG در ادرار می‌تواند مربوط به هر دو عامل آسیب اکسایشی DNA و ترمیم آن باشد. علاوه بر این، آسیب اکسایشی DNA می‌تواند شامل اکسایش ماده تشکیل‌دهنده DNA از قبیل دی اکسی گوانوزین تری فسفات (dGTP) در مخزن نوکلئوتیدی سلول باشد (۳۰).

## نتیجه‌گیری

آسیب اکسایشی بافت از نظر پاتولوژیکی ممکن است عواقب بسیار شدیدتری در کودکان و نوجوانان نسبت به بزرگ‌سالان داشته باشد (۲۲). در مطالعه

حاضر افزایش معنی‌دار شاخص آسیب اکسایشی DNA مشاهده نشد و به نظر می‌رسد دماهای محیطی بالا و پایین نتوانسته‌اند بر آسیب DNA اثرگذار باشند. با وجود این، با توجه به بالاتر بودن سطح شاخص DNA در گروه تمرین در دمای بالا به مربیان توصیه می‌شود که هنگام تمرین در شرایط محیطی مختلف به‌ویژه در مناطق گرمسیر به عواملی از قبیل دما توجه ویژه‌ای داشته و راهبردهای مناسبی را جهت کاهش اثرات کاهنده عوامل محیطی بر موفقیت و از همه مهم‌تر سلامت افراد به کار برند. با وجود این، برای تائید این موضوع به تحقیقات بیشتری با شدت و مدت بالاتر نیاز است.

**منابع مالی**

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری بوده که در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی بررسی و تصویب و منابع مالی انجام آن از طرف آن دانشگاه تأمین شده است.

**سهم نویسندگان**

نویسندگان به‌طور مساوی در تهیه این مقاله مشارکت داشتند.

**تضاد منافع**

نویسندگان هیچ تضاد منافعی را ابراز نکردند.

**منابع**

Kramer A. An overview of the beneficial effects of exercise on health and performance. Physical Exercise for Human Health. 2020:3-22.

Hamurcu Z, Saritas N, Baskol G, Akpinar N. Effect of wrestling exercise on oxidative DNA damage, nitric oxide level and paraoxonase activity in adolescent boys. Pediatric exercise science. 2010;22(1):60-8.

Rahimi R, Sharafi H. The effect of a bout of resistance exercise on 8-Hydroxy-2'-Deoxyguanosine in athletes and non-athletes. 2012.

Bloomer RJ, Goldfarb AH. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. Canadian journal of applied physiology. 2004;29(3):245-63.

Mirzaei B, Rahmani-Nia F, Salehi Z, Rahimi R. Effects of creatine monohydrate supplementation on oxidative DNA damage and lipid peroxidation induced by acute incremental exercise to exhaustion in wrestlers. Kinesiology. 2013;45(1.):30-40.

Radak Z, Zhao Z, Koltai E, Ohno H, Atalay M. Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling. Antioxidants & redox signaling. 2013;18(10):1208-46.

Cheung SS, Ainslie PN. Advanced environmental exercise physiology: Human Kinetics; 2022.

Roklicer R, Vujkov S, Stajer V, Stojanović M, Drid P. Thermal responses in Greco-Roman wrestlers during training sessions. Applicable Research in Wrestling.221.

Medicine CoS, Fitness. Promotion of healthy weight-control practices in young athletes. Pediatrics. 2005;116(6):1557-64.

Xu Z, Sheffield PE, Su H, Wang X, Bi Y, Tong S. The impact of heat waves on children's health: a systematic review. International journal of biometeorology. 2014;58:239-47.

Mohammadizadeh MA, Ghanbarzadeh M, Habibi A, Shakeryan S, Nikbakht M. The effect of high intensity interval exercise in high/low temperatures on exercise-induced bronchoconstriction (EIB) in trained adolescent males. Tanaffos. 2013;12(3):29.

Roelands B, de Koning J, Foster C, Hettinga F, Meeusen R. Neurophysiological determinants of theoretical concepts and mechanisms involved in pacing. Sports Medicine. 2013;43:301-11.

Alpay CB. The Effects of Wrestling Competition on Muscle Damage with Reference to Weight and Body Mass Index. Life Science Journal. 2013;10(5s):306-12.
Gaeini A, Arazi H, Yusefi M. Normative values of body fat percent of athlete and non-athlete male adolescents in Tehran city. Metabolism and Exercise. 2011;1(1):79-89.
Chou T-H, Allen JR, Hahn D, Leary BK, Coyle EF. Cardiovascular responses to exercise when increasing skin temperature with narrowing of the core-to-skin temperature gradient. Journal of Applied Physiology. 2018;125(3):697-705.
Rashidlamir A, Goodarzi M, Mirzaee B, Zandi S. Effect of water and sports beverage intake on biochemical and physiological variables in trained wrestlers. MED SPORT. 2013;66:223-9.
https://uww.org/governance/regulations-olympic-wrestling.
Wakabayashi H, Wijayanto T, Lee J-Y, Hashiguchi N, Saat M, Tochihara Y. A comparison of hydration effect on body fluid and temperature regulation between Malaysian and Japanese males exercising at mild dehydration in humid heat. Journal of physiological anthropology. 2014;33(1):1-11.
Nakatani K, Komatsu M, Kato T, Yamanaka T, Takekura H, Wagatsuma A, et al. Habitual exercise induced resistance to oxidative stress. Free radical research. 2005;39(9):905-11.
Almar M, Villa JG, Cuevas MJ, Rodríguez-Marroyo JA, Avila C, González-Gallego J. Urinary levels of 8-hydroxydeoxyguanosine as a marker of oxidative damage in road cycling. Free radical research. 2002;36(3):247-5.۳
Orhan H, van Holland B, Krab B, Moeken J, Vermeulen NP, Hollander P, et al. Evaluation of a multi-parameter biomarker set for oxidative damage in man: increased urinary excretion of lipid, protein and DNA oxidation products after one hour of exercise. Free radical research. 2004;38(12):1269-79.
Hillman AR, Vince RV, Taylor L, McNaughton L, Mitchell N, Siegler J. Exercise-induced dehydration with and without environmental heat stress results in increased oxidative stress. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2011;36(5):698-706.
Rahimi R. Creatine supplementation decreases oxidative DNA damage and lipid peroxidation induced by a single bout of resistance exercise. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(12):3448-55.
Slivka D, Dumke C, Tucker T, Cuddy J, Ruby B. Human mRNA response to exercise and temperature. International journal of sports medicine. 2011:94-100.
Tranah GJ, Manini TM, Lohman KK, Nalls MA, Kritchevsky S, Newman AB, et al. Mitochondrial DNA variation in human metabolic rate and energy expenditure. Mitochondrion. 2011;11(6):855-61.
Moreno-Villanueva M, Kramer A, Hammes T, Venegas-Carro M, Thumm P, Bürkle A, et al. Influence of acute exercise on DNA repair and PARP activity before and after irradiation in lymphocytes from trained and untrained individuals. International Journal of Molecular Sciences. 2019;20(12):2999.
Tamura S, Tsukahara H, Ueno M, Maeda M, Kawakami H, Sekine K, et al. Evaluation of a urinary multi-parameter biomarker set for oxidative stress in children, adolescents and young adults. Free radical research. 2006;40(11):1198-205.
Mirzaei B, Lotfi N, Bolboli L. Does ambient temperature affect on exercise-induced fatigue and sustainability of repetitions in cadet wrestlers? Applicable Research in Wrestling. 2017:23.
Gleeson M, Bishop N, Walsh N. Exercise immunology: Routledge; 2013.
Yui N, Yoshioka H, Fujiya H, Musha H, Beppu M, Karasawa R, et al. The DNA repair enzyme apurinic/apyrimidinic endonuclease (Apex nuclease) 2 has the potential to protect against down-

regulation of chondrocyte activity in osteoarthritis. International Journal of Molecular Sciences. 2014;15(9):14921-34.