

**Research Paper**

**Increased Serum Levels of the Antioxidant Enzymes (Superoxide Dismutase-3 and Catalase) in Response to SCUBA Diving**



\*Mohsen Amirnejad Sharafabad Sofla<sup>1</sup> , Asghar NikSeresht<sup>1</sup>

1. Department of Physical Education, Faculty of Sport Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.

Use your device to scan  
and read the article online



**Citation** Amirnejad Sharafabad Sofla M, NikSeresht A. [Increased Serum Levels of the Antioxidant Enzymes (Superoxide Dismutase-3 and Catalase) in Response to SCUBA Diving (Persian)]. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*. 2022; 21(5):650-659. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.5.2498>

<https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.5.2498>



**ABSTRACT**

**Background and Objectives** Physical activity under high pressure such as scuba diving can cause oxidative stress. This study aims to investigate the effect of diving at a depth of 10 meters for 20 minutes on serum levels of antioxidant enzymes in male divers.

**Subjects and Methods** In this quasi-experimental study, participants were 6 male divers who were selected from the divers of the Red Crescent rescue team in Yasuj, Iran. First, blood samples were taken from the subjects. Then, in less than five minutes, they reached the desired depth (10 meters) and started diving for 20 minutes. When they began to come up the surface, they had a safety stop at a depth of 3 meters for 5 minutes. When they reached the water surface, blood sampling was performed again immediately. Paired t-test was used for statistical analysis of data ( $P \leq 0.05$ ).

**Results** After diving, a significant increase was reported in serum levels of catalase ( $P=0.009$ ) and superoxide dismutase-3 ( $P=0.002$ ), compared to the pre-test phase.

**Conclusion** Scuba diving at a depth of 10 meters for 20 minutes increases the serum levels of catalase and superoxide dismutase-3, which indicates the effect of diving on increasing the activity of antioxidant enzymes.

**Keywords** Scuba diving, Catalase, Superoxide dismutase, Antioxidant enzymes

Received: 03 May 2021

Accepted: 06 Sep 2021

Available Online: 22 Nov 2022

\*Corresponding Author:

Mohsen Amirnejad Sharafabad Sefli

Address: Department of Physical Education, Faculty of Sport Science, Jahrom Branch, Islamic Azad University, Jahrom, Iran.

Tel: +98 (937) 4210092

E-Mail: [amirnejad.mohsen@yahoo.com](mailto:amirnejad.mohsen@yahoo.com)

## Extended Abstract

### Introduction

**O**xidative stress is a pathological process of tissue damage caused by excessive production or inhibition capacity reduction of reactive oxygen species (ROS) during metabolic processes, which leads to imbalance between oxidative and antioxidant systems [1]. The ROS can cause change in cellular macromolecules such as proteins, lipids, and nucleic acid [4, 5]. By increasing the concentration of free radicals and the resulted pathological conditions, ROS can cause damage to different components of the cell [6]; therefore, ROS concentration should be controlled by several defense mechanisms [2].

Deep diving is physical activity under high pressure which leads to production of free radicals and oxidative stress [14]. As a result, scuba diving stimulates antioxidant enzymes. Dive to a depth of 40 meters causes an antioxidant response in red blood cells and plasma [17]. Most of studies on the effect of scuba diving on the antioxidant response have been conducted using deep diving; no research has investigated the effect of shallow diving on the levels of catalase and Superoxide dismutase (SOD). In this regard, the present study aims to determine the effect of SCUBA diving on the serum levels of catalase and SOD3 in male divers.

### Methods

In this quasi-experimental study, 6 male divers were selected from among the divers of the [Red Crescent rescue team in Yasouj City](#). Before entering the water, 5-cc blood sample was taken and the subjects then entered the water immediately. After reaching the desired depth (10 meters), they started diving activity for 20 minutes at an intensity of 40% of heart rate reserve. When they started to come up, they had a safety stop at a depth of 3 meters for 5 minutes (for pressure reduction). When they reached the water level, 5-cc blood sample was taken again from each subject. The collected blood samples were transferred to the laboratory under standard conditions. After separating the plasma using a centrifuge, the study variables were measured. The level of serum catalase was measured by the calorimetric method with a kit (BioVision, USA). Serum SOD level was measured with an ELISA kit (Bio-Techne Corporation, R&D system, Minnesota, USA). Paired t-test was used for statistical analysis. The significance level was set at 0.05.

### Results

The mean age, height, and weight of subjects were  $29.14 \pm 2.19$  years,  $175.33 \pm 2.88$  cm, and  $77.5 \pm 7.16$  kg, respectively. After diving, a significant increase in the serum levels of catalase ( $P=0.009$ ) and SOD3 ( $P=0.002$ ) was observed compared to the pre-test phase.

### Conclusion

The current study showed that SCUBA diving at an intensity of 40% of the heart rate reserve caused a significant increase in the serum level of catalase (1.83%) and SOD3 (5.75%) enzymes compared to baseline levels. Previous studies have reported that deep diving also increased these enzymes [15, 16]. Also, the type of breathing that the diver uses (compressed air) to compensate for the increase in pressure leads to an increase in oxidative stress [15]. In the first step, intracellular antioxidant enzymes such as SOD1 [15] and SOD2 [13] are activated for antioxidant defense. In this study, SOD3 isoform, which is the most common type of SOD in intercellular fluids, was measured. The result indicated the activity of this enzyme for reducing free radicals. After the conversion of  $O_2$  to  $H_2O_2$  by SOD, this harmful byproduct is either destroyed by reduced glutathione or catalyzed by the enzyme catalase into low-activity oxygen gas and water molecules [19]. Therefore, the increase of SOD and catalase enzymes in the current study can be considered as the activation of the antioxidant enzyme mechanism in response to the stress caused by diving. According to the results, it can be concluded that 20 minutes of scuba diving at a depth of 10 meters can increase the serum levels of catalase and SOD3 enzymes in male divers. The increase of catalase and SOD3 enzymes indicates the body's antioxidant response for reducing the increased levels of free radicals caused by diving.

The variables related to oxidative stress were not measured in this study. The male divers were healthy athletes with no any medical problems; therefore, the results cannot be generalized to armature divers. Due to spending 5 minutes for safe stop at a depth of 3 meters, blood sampling was not possible immediately after diving at the depth of 10 meters; the levels of catalase and SOD3 enzymes may change during this time.

### Ethical Considerations

#### Compliance with ethical guidelines

Participation in this study was voluntary. Before the study, all participants read and signed a written informed consent form. They were assured of the confidentiality of their personal information and were free to leave the study at any time.

### Funding

This article was extracted from the Master's thesis of Mohsen Amirnejad Sharafabad Sofla, registered by the [Islamic Azad University of Jahrom Branch](#).

### Authors contributions

Conceptualization: Mohsen Amirnejad Sharafabad Sofla and Asghar NikSeresht; investigation, writing, review, and editing: Mohsen Amirnejad Sharafabad Sofla.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

### Acknowledgements

The authors would like to thank the [Red Crescent rescue team of Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province](#).

## مقاله پژوهشی

## افزایش سطوح سرمی آنزیم‌های ضد اکسایشی سوپراکسید دیسموتاز-۳ و کاتالاز در پاسخ به غواصی اسکوبا

• محسن امیرنژاد شرف‌آباد سفلی<sup>۱</sup>، اصغر نیکسرشت<sup>۱</sup>

۱. گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم ورزشی، واحد چهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، چهرم، ایران.



**Citation** Amirnejad Sharafabad Sofia M, NikSeresht A. [Increased Serum Levels of the Antioxidant Enzymes (Superoxide Dismutase-3 and Catalase) in Response to SCUBA Diving (Persian)]. *Jundishapur Journal of Medical Sciences*. 2022; 21(5):650-659. <https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.5.2498>

<https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.5.2498>

## جكيد



**زمینه و هدف** انجام فعالیت بدنی در محیط‌های پر فشار مانند غواصی اسکوبا می‌تواند موجب استرس اکسیداتیو و آسیب‌های ناشی از آن باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر ۱ جلسه غواصی در عمق ۱۰ متری به مدت ۲۰ دقیقه بر سطح سرمی آنزیم‌های ضد اکسایشی در مردان غواص بود.

روش بررسی در تحقیق نیمه تجربی حاضر از بین غواصان جمعیت هلال احمر یاسوج، ۶ غواص داوطلب انتخاب شدند. ابتدا از آزمودنی‌ها خون گیری انجام شد، سپس در زمانی کمتر از ۵ دقیقه به عمق موردنظر غواصی (عمق ۱۰ متر) رسیدند و بعد از ۲۰ دقیقه غواصی در این عمق، شروع به بالا آمدن کردند پس از ۵ دقیقه توقف این در عمق ۳ متری به سطح آب آمدند و بلا فاصله خون گیری انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون تی وابسته استفاده شد ( $P \leq 0.05$ )

یافته‌ها پس از غواصی افزایش معناداری در سطوح سرمی کاتالاز ( $P = 0.009$ ) و سوپراکسید دیسموتاز-۳ ( $P = 0.002$ ) نسبت به پیش آزمون مشاهده شد.

**نتیجه‌گیری** با توجه به نتایج می‌توان گفت ۲۰ دقیقه غواصی اسکوبا در عمق ۱۰ متر، موجب افزایش سطوح سرمی آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۳ می‌شود که نشان‌دهنده اثر فعالیت غواصی بر افزایش فعالیت آنزیم‌های ضد اکسایشی است.

**کلیدواژه‌ها** غواصی اسکوبا، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آنزیم‌های ضد اکسایشی

تاریخ دریافت: ۱۳ اردیبهشت ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۵ شهریور ۱۴۰۰

تاریخ انتشار: ۰۱ آذر ۱۴۰۱

\* نویسنده مسئول:

محسن امیرنژاد شرف‌آباد سفلی

نشانی: چهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چهرم، دانشکده علوم ورزشی، گروه تربیت بدنی.

تلفن: +۹۸ (۰)۴۲۱-۰۰۹۲

رایانامه: amirnejad.mohsen@yahoo.com

## مقدمه

فعالیت بدنی و ورزش شدید و یا طولانی مدت به افزایش حاد تولید گونه‌های فعال اکسیژن و انواع نیتروژن واکنش پذیر منجر می‌شود که توسط نشانگرهای زیستی آسیب اکسیداتیو در عضلات اسکلتی و خون مشخص می‌شود [۹]. سوپراکسید دیسموتاز<sup>۱</sup> و کاتالاز<sup>۲</sup> از آنزیم اصلی آنتی‌اکسیدان مستقر در سلول‌ها هستند. سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی در برابر  $O_2^-$  است و  $O_2^-$  را به  $H_2O_2$  و اکسیژن کاتالیز می‌کند. ۳- ایزوفرم سوپراکسید دیسموتاز شامل سوپراکسید دیسموتاز-۱ در میتوکندری، سوپراکسید دیسموتاز-۲ در سیتوپلاسم و سوپراکسید دیسموتاز-۳ در فضای خارج سلولی همه پستانداران وجود دارد [۱۰]. کاتالاز یکی دیگر از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان است که عملکرد اصلی این آنزیم شکستن پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) به  $H_2O$  و  $O_2$  است. کاتالاز نیز در چندین بخش سلولی از جمله میتوکندری و سیتوزول قرار دارد. کاتالاز از گلوتاتیون پروکسیدازها از ۲ جهت عمله متفاوت است. اول اینکه کاتالاز نیازی به اهدافنده الکترون ندارد و دوم اینکه، کاتالاز فقط  $H_2O_2$  را از بین می‌برد و هیدروپراکسیدهای آلی را از بین نمی‌برد [۹].

تحقیقات قبلی نشان داده اند که فعالیت‌های ورزشی از عوامل مؤثر بر تغییرات سطوح سرمی آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز است که در پاسخ به افزایش رادیکال‌های آزاد هنگام فعالیت‌های بدنی آزاد می‌شود [۱۱-۱۲] که نشان‌دهنده فعال‌سازی دفاع آنتی‌اکسیدانی برای کاهش رادیکال‌های تولیدی در هنگام استرس ورزشی است. سیستم قلبی‌عروقی در حین غواصی، بهدلیل تولید رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر که بهدلیل عوامل ایجادشده در محیط پرفسار برانگیخته می‌شوند، بهطور مداوم در معرض استرس اکسیداتیو قرار می‌گیرد [۱۴]. درباره اثر فعالیت بدنی در محیط پرفسار در عمق آب، تحقیقات محدودی انجام شده است و نتایج این تحقیقات گزارش کرده‌اند که انجام غواصی اسکوبا در عمق‌های مختلف موجب تحریک پاسخ آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز می‌شود.

در همین راستا ارdestانی و همکاران در تحقیق‌شان گزارش کرده‌اند که موش‌های غواصی و غیرغواصی ApoE KO در پایان مداخله تغییراتی در عملکرد اندولتیال نشان دادند. شبیه‌سازی غواصی در موش‌های صحرایی نر مدل ApoE موجب تغییر در سیگنانلینگ اکسید نیتریک شد، اما تغییری در تنفس میتوکندری‌ایی مشاهده نشد. از طرفی نتایج نشان داد غواصی در مدل موش‌های صحرایی آترواسکلروتیک باعث تشدید اختلال عملکرد اندولتیال می‌شود تا سازگاری با استرس اکسیداتیو در آن‌ها [۱۴] که این نشان‌دهنده اثر تأم شرایط محیطی عمق آب

استرس اکسیداتیو به فرایند آسیب‌شناختی آسیب بافتی ناشی از تولید بیش از حد یا کاهش ظرفیت مهار گونه‌های فعال اکسیژن<sup>۳</sup> در طی فرایندهای متابولیک گفته می‌شود که به عدم تعادل بین سیستم‌های اکسیداتیو و آنتی‌اکسیدان منجر می‌شود [۱۱]. رادیکال‌های آزاد مولکول‌هایی هستند که حاوی الکترون جفت‌نشده در اوربیتال‌های بیرونی هستند و با اکسید کردن (از بین بدن الکترون از سایر اتم‌ها)، یا گاهی کاهش (اهدای الکترون آن‌ها به اتم‌های دیگر)، در بدن بسیار واکنش پذیر هستند. منبع عملده گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر میتوکندری‌ها هستند که توسط زنجیره انتقال الکترون در تنفس هوایی به عنوان محصولات جانبی تولید می‌شوند. اگرچه اکثر الکترون‌ها به پمپ سوم سیستم انتقال الکترون می‌رسند، حدود ۱ تا ۳ درصد با اکسیژن زودهنگام واکنش می‌دهند و رادیکال سوپراکسید را تشکیل می‌دهند [۲].

این رادیکال‌های آزاد نقش‌های مختلف فیزیولوژیکی مختلفی از جمله مسیرهای التهابی و تکثیر سلولی در بدن دارند، اما در صورت افزایش رادیکال‌های آزاد و با توجه به خاصیت واکنش پذیر آن‌ها ممکن است موجب اثرات پاتولوژیک در بدن شوند [۲، ۳]. اثرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن بر ماکرومولکول‌های سلولی مانند پروتئین‌ها، لیپیدها و اسید نوکلئیک باعث تغییر پروتئین‌ها و اسید نوکلئیک می‌شود. تشکیل این رادیکال‌های آزاد به شروع و پیشرفت بسیاری از بیماری‌ها مانند دیابت، بیماری‌های قلبی، تصلب شرایین، بیماری‌های کبدی و سرطان‌ها منجر می‌شود [۴، ۵]. با توجه به اینکه افزایش غلظت رادیکال‌های آزاد و شرایط پاتولوژیک ناشی از آن، می‌تواند موجب آسیب به اجزای مختلف سلول شود [۶]. غلظت گونه‌های فعال اکسیژن باید توسط چندین مکانیسم دفاعی کنترل شود [۲]. درواقع سلول‌ها حاوی آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنژیمی هستند که به عنوان یک شبکه نظارتی پیچیده برای کنترل سطح گونه‌های فعال اکسیژن کار می‌کنند. در سراسر سلول، آنتی‌اکسیدان‌ها در هر ۲ اندامک و سیتوپلاسم تقسیم می‌شوند تا گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش دهند و تعادل روکس را حفظ کنند. علاوه‌بر این، آنتی‌اکسیدان‌ها در مایع بین‌بافتی و خون نیز وجود دارند و این آنتی‌اکسیدان‌های خارج سلولی نقش اصلی را در از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن موجود در مایعات خارج سلول دارند.

مشخص شده است که فعالیت بدنی به عنوان یک استرس فیزیکی می‌تواند موجب تحریک و ساخت رادیکال‌های آزاد در هنگام فعالیت بدنی شود [۷]. میتوکندری اندامک‌هایی پویا هستند که نقش اساسی در تولید انرژی (سیستم هوایی) دارند. پویایی و ریخت‌شناسی میتوکندری به طور فرایندهای نشان داده شده است که توسط گونه‌های فعال اکسیژن و انواع نیتروژن واکنش پذیر تنظیم می‌شود [۸].

2. Superoxide Dismutase (SOD)  
3. Catalase (CAT)

1. Reactive Oxygen Species (ROS)

قبل از عملیات غواصی به آزمودنی‌ها گفته شد که هیچ‌گونه غواصی در یک هفته منتهی به انجام آزمون انجام ندهند. همچنین در طول این هفته فعالیت بدنی سنگین انجام ندهند و برنامه فعالیت بدنی خود را به پژوهشگر اعلام کنند. جهت اجرای تحقیق مذکور آزمودنی‌ها، پس از تجهیز با وسائل غواصی همراه با یک پایشگر در ۱ روز غواصی معین رانجام دادند. شیوه غواصی به این صورت بود که آزمودنی‌ها پس از رسیدن به عمق ۱۰ متری که با استفاده از عمق‌سنچ IST ساخت کشور ایتالیا سنجیده شد، ۲۰ دقیقه با شدت ۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره غواصی کردند. کل مدت زمان غواص (۳۰ دقیقه) از ابتدای ورود به آب تا بالا آمدن از آب بود. قبل از ورود به آب، ۵ سی سی خون‌گیری انجام و آزمودنی‌ها بلا فاصله وارد آب شدند. سپس بعد از مدت زمانی که صرف شد تا آزمودنی‌ها به منطقه موردنظر غواصی (عمق ۱۰ متر) برسند، فعالیت غواصی خود را شروع و پس از ۲۰ دقیقه غواصی در این عمق، شروع به بالا آمدن کردند. سپس در عمق ۳ متری ۵ دقیقه توقف اینم (ایستگاهی برای کاهش فشار)، داشتند تا از فشار موجود بر آزمودنی‌ها کاسته شود. به محض بالا آمدن به سطح آب خون‌گیری به میزان ۵ سی سی از هریک از آزمودنی‌ها انجام شد. محل انجام غواصی در تحقیق حاضر در خلیج فارس در استان بوشهر بود.

ضریبان قلب هدف با استفاده از روش کاروونن و براساس ضربان قلب ذخیره آزمودنی‌ها بود. ضربان قلب هدف غواصی برای هر فرد به صورت انفرادی مشخص شد و کنترل ضربان قلب ضربان قلب زمان فعالیت به وسیله فرستنده الکتریکی ضربان قلب دستگاه بلت، که بر روی مج غواصان نصب شده بود، برای غواصان در این عمق نشان داده شد.

نمونه‌های خون گردآوری شده در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شد و پس از جداسازی پلاسمما به وسیله دستگاه سانتریفیوژ، متغیرهای موردنظر اندازه‌گیری شدند. سطح کاتالاز سرمی به روش کالری متريک و با کيت USA BioVision's، آندازه‌گیری شد. سطح سوپراکسید ديسموتاژ سرمی نيز با کيت Bio-Techne Corporation, R&D system, Minne-الايزا sota, USA آندازه‌گيری شد.

اطلاعات به دست آمده از متغیرهای مورداندازه‌گیری بر حسب شاخص‌های مرکزی و پراکندگی توصیف شد. جهت آزمون فرضیه‌ها از آزمون تی وابسته<sup>۵</sup> و برای آزمون طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک<sup>۶</sup> استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد و سطح معناداری نیز برای تمام محاسبات ( $P \geq 0.05$ ) در نظر گرفته شد.

و فعالیت غواصی بر افزایش رادیکال‌های آزاد است. گزارش شده است که غواصی در عمق‌های ۱۱۰ تا ۱۱۵ متر موجب افزایش آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زای اولیه مانند سوپراکسید دیسموتاز-۱، کاتالاز و گلوتاتیون سنتاتاز می‌شود [۱۵]. همچنین پس از ۳۰ دقیقه غواصی اسکوپا در عمق ۳۰ متری باعث افزایش فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۲ شد [۱۶] که نشان‌دهنده اثر غواصی اسکوپا بر تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است. سوردا و همکاران نیز گزارش کردند که غواصی در عمق ۴۰ متری موجب پاسخ آنتی‌اکسیدانی در گلوبول‌های قرمز و پلاسمما می‌شود که در ارتباط با رگ‌گشایی در عروق محیطی است [۱۷].

باتوجه به اینکه غواصی در عمق موجب افزایش فشار ناشی از فعالیت بدنی و درنتیجه احتمال افزایش رادیکال‌های آزاد در هنگام غواصی می‌شود [۱۴]، افزایش آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز نقش مهمی در فعال‌سازی دفاع آنتی‌اکسیدانی در برابر رادیکال‌های آزاد ناشی از استرس دارد. اینکه اکثر تحقیقات در خصوص اثرات غواصی اسکوپا بر پاسخ آنتی‌اکسیدانی در عمق‌های بالا انجام شده است و تاکنون تحقیقی به طور خاص اثر غواصی در عمق‌های کم را بر سطوح کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز بررسی نکرده است، ضرورت تحقیق حاضر را توجیه می‌کند. از طرفی در تحقیقات گذشته آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز-۱، سوپراکسید دیسموتاز-۲ و یا سطح کلی سوپراکسید دیسموتاز سنجیده شده است، اما در تحقیق حاضر سطح سوپراکسید دیسموتاز-۳ که ایزوform متداول تر سوپراکسید دیسموتاز در مایعات بین سلولی است، سنجیده شد.

باتوجه به مطالب گفته شده و نقش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، هدف تحقیق حاضر تعیین اثر ۱ جلسه فعالیت غواصی بر سطوح سرمی کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در مردان غواص بود.

## روش بررسی

در تحقیق نیمه‌تجربی حاضر که با طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با یک گروه آزمایش انجام شد از بین ۵۰ غواص تیم امداد و نجات جمعیت هلال احمر استان کهگیلویه و بویراحمد، ۶ دامنه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال، مدرک غواصی ۱ ستاره و ۲ ستاره غواصی مرکز آموزش و فعالیت‌های غواصی جهانی<sup>۷</sup>، عدم مصرف سیگار و الكل، عدم ابتلاء به بیماری‌های قلبی عروقی، عدم ابتلاء به اختلالات متابولیک، مانند دیس لیپیدمی، مقاومت به انسولین و دیابت و عدم استفاده از مکمل‌های مؤثر بر متغیرهای تحقیق بود.

این تحقیق نیز با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی داشت. سوردا و همکاران نیز گزارش کردند غواصی در عمق ۴۰ متری موجب پاسخ آنتی اکسیدانی در گلبول های قرمز و پلاسمایی شود که در ارتباط با رگ گشایی در عروق محیطی است [۱۷] که با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی داشت.

در مطالعه پروویک و همکاران نیز ۳۰ دقیقه غواصی اسکوبا در عمق ۳۰ متری موجب افزایش فعالیت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز-۲ و فعالیت های سوپراکسید دیسموتاز کل در نمونه های سلول های تک هسته ای خون محیطی<sup>۷</sup> شد [۱۶] در تحقیق حاضر با اینکه در عمق کمتر (۱۰ متر) انجام شد، باز هم افزایش کاتالاز و سطح سوپراکسید دیسموتاز-۳ در پاسخ به غواصی مشاهده شد که با نتایج تحقیق پروویک [۱۶] هم خوانی داشت. فعالیت بدنی یک استرس برای افزایش عملکرد میتوکندری و درنتیجه افزایش رادیکال های آزاد است [۱۸، ۱۹]. به طور معمول، سیستم آنتی اکسیدانی قبل از اینکه باعث اختلال عملکرد سلولی و درنهایت مرگ سلولی شود، گونه های فعل اکسیژن و انواع نیتروژن واکنش پذیر را به سرعت از بین می برد. با این حال، در سیستم های زنده مقدار کمی از رادیکال های آزاد بر دفاعی آنتی اکسیدان غلبه می کنند، بنابراین سطح متوسطی از آسیب اکسیداتیو وجود دارد [۱۹]. سیستم انتقال الکترون میتوکندری ای از حداقل ۱۱٪ مکان مختلف، بسته به حالت تنفسی، با نرخ های مختلف  $O_2^-$  تولید می کند [۲۰]. تغییر در  $O_2^-$  یا به صورت خود به خودی در یک واکنش مرتبه اول رخ می دهد، یا به صورت آنزیمی توسط سوپراکسید دیسموتاز به  $H_2O_2$  تبدیل می شود [۱۸].

#### 7. Peripheral Blood Mononuclear Cell (PBMC)

### یافته ها

در تحقیق حاضر ۶ مرد غواص به روش نمونه گیری هدف مند وارد تحقیق شدند که جدول شماره ۱، توصیف ویژگی های جمعیت شناختی آزمودنی هاست.

در بررسی طبیعی بودن متغیرهای کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، نتایج آزمون شاپیرو ویلک نشان داد توزیع این متغیرها به صورت نرمال است.

باتوجه به نتایج آزمون تی وابسته (جدول شماره ۲) افزایش معناداری در سطوح آنزیم های کاتالاز ( $P=0.09$ ) و سوپراکسید دیسموتاز ( $P=0.02$ ) نسبت به قبل از غواصی مشاهده شد.

### بحث

تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر حاد ۲۰ دقیقه غواصی اسکوبا بر سطوح سرمی آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۳ انجام شد و نتایج تحقیق نشان داد فعالیت غواصی باشدت ۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره موجب افزایش معنادار سطح سرمی آنزیم کاتالاز (افزایش ۱/۸۳ درصدی) و سوپراکسید دیسموتاز-۳ (افزایش ۵/۷۵ درصدی) نسبت به قبل از غواصی شد. کیبوب و همکاران نیز در تحقیق شان گزارش کردند که غواصی در عمق های بیشتر ۱۱۰ تا ۱۱۵ متر موجب افزایش آنتی اکسیدان های درون زای اولیه مانند سوپراکسید دیسموتاز-۱، کاتالاز و گلوتاتیون سنتراز تنظیم مجدد شدند و بیان ژن های در گیر در فعالیت اینمنی و مسیرهای سیگنالینگ التهابی افزایش یافت [۱۵] که نتایج

جدول ۱، مشخصات جمعیت شناختی آزمودنی ها

متغیر	میانگین ± انحراف معیار
سن (سال)	۲۹/۱۴±۲/۱۹
قد (سانتی متر)	۱۷۵/۳۳±۲/۸۸
وزن (کیلوگرم)	۷۷/۵±۷/۱۶

مجله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

جدول ۲، نتایج آزمون تی وابسته برای بررسی تغییرات کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در قبل و بعد از غواصی

P	t	d	میانگین ± انحراف معیار		متغیر
			پیش از آزمون	پس از آزمون	
۰/۰۰۹	-۴/۱۶۲	۵	۱۳۷/۷±۴/۳۰	۱۳۱/۳±۴/۴۵	کاتالاز (کیلو واحد در لیتر)
۰/۰۰۲	-۵/۶۶	۵	۲۲۱/۱۶±۴/۵۱	۲۰۹/۳۳±۴/۷۸	سوپراکسید دیسموتاز-۳ (واحد در میلی لیتر)

\* معناداری در سطح ۰/۰۵ است.

مجله علمی پژوهشی  
جندي شاپور

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

شرکت آزمودنی‌ها در پژوهش حاضر داوطلبانه بود و پیش از شروع پژوهش همگی آزمودنی‌ها رضایت‌نامه کتبی آگاهانه مطالعه و امضا کردند. به آزمودنی‌ها درخصوص محرومانه بودن اطلاعات شخصی آن‌ها نزد پژوهشگران اطمینان داده شد و هیچ اجباری برای ادامه همکاری با پژوهشگر را نداشتند.

### حامي مالي

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محسن امیرنژاد شرف‌آباد سفلی، گروه تربیت بدنی، دانشکده علوم ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم است.

### مشارکت‌نویسنده‌گان

مفهوم‌سازی: محسن امیرنژاد شرف‌آباد سفلی و اصغر نیک‌سرشت؛ تحقیق و بررسی، ویراستاری و نهایی‌سازی نوشه: محسن امیرنژاد شرف‌آباد سفلی؛ ویراستاری.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده‌گان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### تشکر و قدردانی

نویسنده‌گان از تیم امداد و نجات **جمعیت هلال احمر استان کهگیلویه و بویراحمد**، تشکر و قدردانی می‌کنند.

تحقیقات قبلی نیز نشان داده‌اند که غواصی اسکوپا به علت استرس ناشی از فعالیت بدنی و همچنین استرس ناشی از محیط به خاطر فشار بالاتر نسبت به سطح آب و همچنین نوع تنفس که غواص برای جبران افزایش فشار از هوای فشرده استفاده می‌کند به افزایش استرس اکسیداتیو در این افراد منجر می‌شود [۱۵]. درنتیجه در مرحله اول آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون سلولی مانند سوپراکسید دیسموتاز-۱ [۱۵] و سوپراکسید دیسموتاز-۲ [۱۲] برای دفاع آنتی‌اکسیدانی فعال می‌شوند. در تحقیق حاضر ایزو فرم سوپراکسید دیسموتاز-۳ که نوع متداول تر سوپراکسید دیسموتاز در مایعات بین سلولی است، اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده فعالیت این آنزیم برای کاهش رادیکال‌های آزاد است. پس از تبدیل  $O_2^-$  به  $H_2O_2$  توسط سوپراکسید دیسموتاز این محصول جانبی مضر یا توسط گلوتاتیون کاهش یافته<sup>۸</sup> از بین می‌رود یا توسط آنزیم کاتالاز به اکسیژن گازی با فعالیت کم و مولکول‌های آب کاتالیز می‌شود [۱۹]. تحقیقات قبلی گزارش کرده‌اند که غواصی در عمق موجب افزایش این آنزیم می‌شود [۱۵، ۱۶]. بنابراین می‌توان افزایش آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را در تحقیق حاضر به عنوان راه‌اندازی مکانیسم آنزیمی آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به استرس ناشی از غواصی عنوان کرد. آبته در تحقیق حاضر متغیرهای مرتبط با استرس اکسیداتیو اندازه‌گیری نشد که از محدودیت‌های تحقیق حاضر است.

در تحقیق حاضر غواصان افراد سالم ورزشکار بودند که هیچ‌گونه مشکل پژوهشی، به خصوص مشکلات قلبی عروقی نداشتند. بنابراین نتایج تحقیق حاضر قابل تعمیم به افراد غیرورشکار و بیمار نیست. با توجه به صرف زمان ۵ دقیقه‌ای برای توقف اینم در عمق ۳ متری برای کاهش فشار، خون‌گیری بلافصله پس از شنا در عمق ۱۰ متری امکان پذیر نبود و ممکن است در طول این مدت سطوح آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۳ تغییر کنند.

یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر این بود که از نظر تکنیکی و تجهیزاتی، امکان خون‌گیری در مراحل مختلف غواصی در آب وجود نداشت.

### نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت ۲۰ دقیقه غواصی اسکوپا در عمق ۱۰ متری موجب افزایش سطوح سرمی آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۳ در غواصان مرد شد. افزایش آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۳ نشان‌دهنده پاسخ آنتی‌اکسیدانی بدن برای کاهش سطوح افزایش یافته رادیکال‌های آزاد ناشی از غواصی است.

## References

- [1] Wu L, Xiong X, Wu X, Ye Y, Jian Z, Zhi Z, et al. Targeting oxidative stress and inflammation to prevent ischemia-reperfusion injury. *Front Mol Neurosci.* 2020; 13:28. [\[DOI:10.3389/fmol.2020.00028\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [2] Azab AE, Adwas AA, Elsayed ASI, Amhimmid F. Oxidative stress and antioxidant mechanisms in human body. *J Appl Biotechnol Bioeng.* 2019; 6(1):43-7. [\[DOI:10.15406/jabb.2019.06.00173\]](#)
- [3] Di Meo S, Venditti P. Evolution of the knowledge of free radicals and other oxidants. *Oxid Med Cell Longev.* 2020; 2020:9829176. [\[DOI:10.1155/2020/9829176\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [4] Halliwell B. Biochemistry of oxidative stress. *Biochem Soc Trans.* 2007; 35(Pt 5):1147-50. [\[DOI:10.1042/bst0011147\]](#) [\[PMID\]](#)
- [5] Hosseinpour Delavar S, Boyerahmadi A, Soleymani A, Ghalavand A. [Effect of eight weeks of aerobic interval training and nettle supplement on some inflammatory indicators and glycemic control in men with type 2 diabetes (Persian)]. *Jundishapur Sci Med J.* 2020; 19(2):123-35. [\[Link\]](#)
- [6] Jafari M, Ghalavand A, Rajabi H, Khaledi N, Motamed P. [A review of the effect of exercise training on neuromuscular junction in throughout life: A logical analysis of animal experimental studies (Persian)]. *Razi J Med Sci.* 2021; 28(3):37-47. [\[Link\]](#)
- [7] Magherini F, Fiaschi T, Marzocchini R, Mannelli M, Gamberi T, Modesti PA, et al. Oxidative stress in exercise training: The involvement of inflammation and peripheral signals. *Free Radic Res.* 2019; 53(11-12):1155-65. [\[PMID\]](#)
- [8] Trewin AJ, Berry BJ, Wojtovich AP. Exercise and mitochondrial dynamics: Keeping in shape with ROS and AMPK. *Antioxidants.* 2018; 7(1):7. [\[DOI:10.3390/antiox7010007\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [9] Powers SK, Deminice R, Ozdemir M, Yoshihara T, Bomkamp MP, Hyatt H. Exercise-induced oxidative stress: Friend or foe? *JJ Sport Health Sci.* 2020; 9(5):415-25. [\[DOI:10.1016/j.jshs.2020.04.001\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [10] Culotta VC, Yang M, O'Halloran TV. Activation of superoxide dismutases: Putting the metal to the pedal. *Biochim Biophys Acta.* 2006; 1763(7):747-58. [\[DOI:10.1016/j.bbamcr.2006.05.003\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [11] Kiyici F, Kishali NF. Acute effect of intense exercises on serum superoxide dismutase, catalase and malondialdehyde levels in soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2012; 52(1):107-11. [\[PMID\]](#)
- [12] de Melo-Marins D, Farinha JB, Rodrigues-Krause J, Laitano O, Reischak-Oliveira A. Redox balance during exercise in the heat in healthy adults: A systematic review. *Journal of Thermal Biology.* 2021; 199:102943. [\[DOI:10.1016/j.jtherbio.2021.102943\]](#) [\[PMID\]](#)
- [13] Nobari H, Nejad HA, Kargarfard M, Mohseni S, Suzuki K, Carmelo Adsuar J, et al. The effect of acute intense exercise on activity of antioxidant enzymes in smokers and non-smokers. *Biomolecules.* 2021; 11(2):171. [\[DOI:10.3390/biom11020171\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [14] Berenji Ardestani S, Matchkov VV, Hansen K, Jespersen NR, Pedersen. Extensive simulated diving aggravates endothelial dysfunction in male pro-atherosclerotic ApoE knockout rats. *Front Physiol.* 2020; 11:611208. [\[DOI:10.3389/fphys.2020.611208\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [15] Kiboub FZ, Møllerløkken A, Hjelde A, Flatberg A, Loennechen Ø, Eftedal I. Blood gene expression and vascular function biomarkers in professional saturation diving. *Front Physiol.* 2018; 9:937. [\[DOI:10.3389/fphys.2018.00937\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [16] Perović A, Sobočanec S, Dabelić S, Balog T, Dumić J. Effect of scuba diving on the oxidant/antioxidant status, SIRT1 and SIRT3 expression in recreational divers after a winter nondive period. *Free Radical Research.* 2018; 52(2):188-97. [\[DOI:10.1080/10715762.2017.1422211\]](#) [\[PMID\]](#)
- [17] Sureda A, Ferrer MD, Batle JM, Tauler P, Tur JA, Pons A. Scuba diving increases erythrocyte and plasma antioxidant defenses and spares NO without oxidative damage. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(6):1271-6. [\[DOI:10.1249/MSS.0b013e3181951069\]](#) [\[PMID\]](#)
- [18] Tonkonogi M, Walsh B, Svensson M, Sahlin K. Mitochondrial function and antioxidative defence in human muscle: Effects of endurance training and oxidative stress. *J Physiol.* 2000; 528 Pt 2(Pt 2):379-88. [\[DOI:10.1111/j.1469-7793.2000.00379.x\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [19] Di Meo S, Napolitano G, Venditti P. Mediators of physical activity protection against ROS-linked skeletal muscle damage. *Int J Mol Sci.* 2019; 20(12):3024. [\[DOI:10.3390/ijms20123024\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)
- [20] Goncalves RL, Quinlan CL, Perevoshchikova IV, Hey-Mogensen M, Brand MD. Sites of superoxide and hydrogen peroxide production by muscle mitochondria assessed ex vivo under conditions mimicking rest and exercise. *J Biol Chem.* 2015; 290(1):209-27. [\[DOI:10.1074/jbc.M114.619072\]](#) [\[PMID\]](#) [\[PMCID\]](#)

This Page Intentionally Left Blank