Jundishapur
Scientific Medical Journal

November & December 2022. Vol 21. No 5

Research Paper

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

***Mohsen Amirnejad Sharafabad Sofla[1], Asghar NikSeresht[1]**

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 Scientific Medical Journal. 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

Jundishapur
Scientific Medical Journal

Extended Abstract

Introduction

Oxidative 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±2.19 years, 175.33±2.88 cm, and 77.5±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.

mirnejad Sharafabad Sofla M & NikSeresht A. Increased Serum Levels of the Antioxidant Enzymes (Superoxide Dismutase-3 and Catalase) in Response to SCUBA Diving. JSMJ. 2022; 21(5):650-659.

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.

مجله علمی پزشکی
جندی شاپور
آذر و دی ۱۴۰۱. دوره ۲۱. شماره ۵

مقاله پژوهشی

افزایش سطوح سرمی آنزیم‌های ضداکسایشی سوپراکسید دیسموتاز-۳ و کاتالاز در پاسخ به غواصی اسکوبا

*محسن امیرنژاد شرف‌آباد سفلی[۱]، اصغر نیک‌سرشت[۱]

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

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 Scientific Medical Journal. 2022; 21(5):650-659. https://doi.org/10.32598/JSMJ.21.5.2498

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

چکیده

زمینه و هدف انجام فعالیت بدنی در محیط‌های پرفشار 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 به‌مدت ۲۰ دقیقه بر سطوح سرمی آنزیم‌های ضداکسایشی در مردان غواص بود.

روش بررسی در تحقیق نیمه‌تجربی حاضر از بین غواصان جمعیت هلال احمر یاسوج، ۶ غواص داوطلب انتخاب شدند. ابتدا از آزمودنی‌ها خون‌گیری 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 ایمن در عمق ۳ متری به سطح آب آمدند و بلافاصله خون‌گیری انجام شد. برای تجزیه‌وتحلیل آماری از آزمون تی وابسته استفاده شد ($P\leq ۰/۰۵$)

یافته‌ها پس از غواصی افزایش معناداری در سطوح سرمی کاتالاز ($P=۰/۰۰۹$) و سوپراکسید دیسموتاز ۳ ($P=۰/۰۰۲$) نسبت به پیش‌آزمون مشاهده شد.

نتیجه‌گیری باتوجه‌به 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 ضداکسایشی است.

کلیدواژه‌ها غواصی اسکوبا، کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، آنزیم‌های ضداکسایشی

تاریخ دریافت: ۱۳ اردیبهشت ۱۴۰۰
تاریخ پذیرش: ۱۵ شهریور ۱۴۰۰
تاریخ انتشار: ۰۱ آذر ۱۴۰۱

* **نویسنده مسئول:**
محسن امیرنژاد شرف آباد سفلی
نشانی: جهرم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جهرم، دانشکده علوم ورزشی، گروه تربیت بدنی.
تلفن: ۴۲۱۰۰۹۲ (۹۳۷) ۹۸+
رایانامه: amirnejad.mohsen@yahoo.com

مقدمه

استرس اکسیداتیو به فرایند آسیب‌شناختی آسیب بافتی ناشی از تولید بیش از حد یا کاهش ظرفیت مهار گونه‌های فعال اکسیژن[1] در طی فرایندهای متابولیکی گفته می‌شود که به عدم تعادل بین سیستم‌های اکسیداتیو و آنتی‌اکسیدان منجر می‌شود [۱]. رادیکال‌های آزاد مولکول‌هایی هستند که حاوی الکترون جفت‌نشده در اوربیتال‌های بیرونی هستند و با اکسید کردن (از بین بردن الکترون از سایر اتم‌ها)، یا گاهی کاهش (اهدای الکترون آن‌ها به اتم‌های دیگر)، در بدن بسیار واکنش‌پذیر هستند. منبع عمده گونه‌های اکسیژن واکنش‌پذیر میتوکندری‌ها هستند که توسط زنجیره انتقال الکترون در تنفس هوازی به‌عنوان 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 ازجمله مسیرهای التهابی و تکثیر سلولی در بدن دارند، اما در صورت افزایش رادیکال‌های آزاد و باتوجه‌به خاصیت واکنش‌پذیر 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]. باتوجه‌به 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 غیرآنزیمی هستند که به‌عنوان 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 ردوکس را حفظ کنند. علاوه‌براین، آنتی‌اکسیدان‌ها در مایع بین‌بافتی و خون نیز وجود دارند و این آنتی‌اکسیدان‌های خارج‌سلولی نقش اصلی را در از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن موجود در مایعات خارج سلول دارند.

مشخص شده است که فعالیت بدنی به‌عنوان 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 هوازی) دارند. پویایی و ریخت‌شناسی میتوکندری به‌طور فزاینده‌ای نشان داده شده است که توسط گونه‌های فعال اکسیژن و انواع نیتروژن واکنش‌پذیر تنظیم می‌شود [۸].

1. Reactive Oxygen Species (ROS)

فعالیت بدنی و ورزش شدید و یا طولانی‌مدت به افزایش حاد تولید گونه‌های فعال اکسیژن و انواع نیتروژن واکنش‌پذیر منجر می‌شود که توسط نشانگرهای زیستی آسیب اکسیداتیو در عضلات اسکلتی و خون مشخص می‌شود [۹]. سوپراکسید دیسموتاز[2] و کاتالاز[3] از آنزیم اصلی آنتی‌اکسیدان مستقر در سلول‌ها هستند. سوپراکسید دیسموتاز اولین خط دفاعی در برابر $O_2^{\cdot-}$ است و $O_2^{\cdot-}$ 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 H_2O_2 است. کاتالاز نیز در چندین بخش سلولی ازجمله میتوکندری و سیتوزول قرار دارد. کاتالاز از گلوتاتیون پروکسیدازها از ۲ جهت عمده متفاوت است. اول اینکه کاتالاز نیازی به اهداکننده 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 [۱۱-۱۳] 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 واکنش‌پذیر که به‌دلیل عوامل ایجادشده در محیط پرفشار برانگیخته می‌شوند، به‌طور مداوم در معرض استرس اکسیداتیو قرار می‌گیرد [۱۴]. درباره اثر فعالیت بدنی در محیط پرفشار 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 اردستانی و همکاران در تحقیقشان گزارش کردند که موش‌های غواصی و غیرغواصی ApoE KO در پایان مداخله تغییراتی در عملکرد اندوتلیال نشان دادند. شبیه‌سازی غواصی در موش‌های صحرایی نر مدل ApoE موجب تغییر در سیگنالینگ 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 اندوتلیال می‌شود تا سازگاری با استرس اکسیداتیو در آن‌ها [۱۴] که این نشان‌دهنده اثر توأم شرایط محیطی عمق آب

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

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 سنتتاز می‌شود [۱۵]. همچنین پس از ۳۰ دقیقه غواصی اسکوبا در عمق ۳۰ متری باعث افزایش فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۲ شد [۱۶] که نشان‌دهنده اثر غواصی اسکوبا بر تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است. سوردا و همکاران نیز گزارش کردند که غواصی در عمق ۴۰ متری موجب پاسخ آنتی‌اکسیدانی در گلبول‌های قرمز و پلاسما می‌شود که در ارتباط با رگ‌گشایی در عروق محیطی است [۱۷].

باتوجه‌به 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 درخصوص اثرات غواصی اسکوبا بر پاسخ آنتی‌اکسیدانی در عمق‌های بالا انجام شده است و تاکنون تحقیقی به‌طور 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 ایزوفرم متداول‌تر سوپراکسید دیسموتاز در مایعات بین سلولی است، سنجیده شد.

باتوجه‌به مطالب گفته‌شده 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 مرد غواص داوطلب به‌روش نمونه‌گیری هدف‌مند انتخاب شدند و پس از پر کردن پرسش‌نامه سلامت و فرم رضایت‌نامه آگاهانه وارد تحقیق شدند. شرایط ورود به تحقیق شامل جنسیت مرد، دامنه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال، مدرک غواصی ۱ ستاره و ۲ ستاره غواصی مرکز آموزش و فعالیت‌های غواصی جهانی[4]، عدم مصرف سیگار و الکل، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی‌عروقی، عدم ابتلا به اختلالات متابولیک، مانند دیس لیپیدمی، مقاومت به انسولین و دیابت و عدم استفاده از مکمل‌های مؤثر بر متغیرهای تحقیق بود.

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 وسایل غواصی همراه با یک پایشگر در ۱ روز غواصی معین را انجام دادند. شیوه غواصی به این صورت بود که آزمودنی‌ها پس از رسیدن به عمق ۱۰ متری که با استفاده از عمق‌سنج IST ساخت کشور ایتالیا سنجیده شد، ۲۰ دقیقه با شدت ۴۰ درصد ضربان قلب ذخیره غواصی کردند. کل مدت‌زمان غواص (۳۰ دقیقه) از ابتدای ورود به آب تا بالا آمدن از آب بود. قبل از ورود به آب، ۵ سی‌سی خون‌گیری انجام و آزمودنی‌ها بلافاصله وارد آب شدند. سپس بعد از مدت‌زمانی 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 ایمن (ایستگاهی برای کاهش فشار) داشتند تا از فشار موجود بر آزمودنی‌ها کاسته شود. به محض بالا آمدن به سطح آب خون‌گیری به میزان ۵ سی‌سی از هریک از آزمودنی‌ها انجام شد. محل انجام غواصی در تحقیق حاضر در خلیج فارس در استان بوشهر بود.

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

نمونه‌های خون گردآوری‌شده در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شد و پس از جداسازی پلاسما به‌وسیله دستگاه سانتریفیوژ، متغیرهای موردنظر اندازه‌گیری شدند. سطح کاتالاز سرمی به‌روش کالری متریک و با کیت BioVision's, USA اندازه‌گیری شد. سطح سوپراکسید دیسموتاز سرمی نیز با کیت الایزا Bio-Techne Corporation, R&D system, Minne-sota, USA اندازه‌گیری شد.

اطلاعات به‌دست‌آمده از متغیرهای موردانداره‌گیری برحسب شاخص‌های مرکزی و پراکندگی توصیف شد. جهت آزمون فرضیه‌ها از آزمون تی وابسته[5] و برای آزمون طبیعی بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک[6] استفاده شد. به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد و سطح معناداری نیز برای تمام محاسبات ($P\geq ۰/۰۵$) در نظر گرفته شد.

4. Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS)

5. Paired-samples t-test
6. Shapiro-Wilk

یافته‌ها

در تحقیق حاضر ۶ مرد غواص به‌روش نمونه‌گیری هدف‌مند وارد تحقیق شدند که جدول شماره ۱، توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آزمودنی‌هاست.

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

باتوجه‌به نتایج آزمون تی وابسته (جدول شماره ۲) افزایش معناداری در سطوح آنزیم‌های کاتالاز (t=-۴/۱۶۲؛ P=۰/۰۰۹) و سوپراکسید دیسموتاز (t=-۵/۶۶؛ P=۰/۰۰۲) نسبت به قبل از غواصی مشاهده شد.

بحث

تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر حاد ۲۰ دقیقه غواصی اسکوبا بر سطوح سرمی آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز-۳ انجام شد و نتایج تحقیق نشان داد فعالیت غواصی با شدت 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 تحقیقشان گزارش کردند که غواصی در عمق‌های بیشتر ۱۱۰ تا ۱۱۵ متر موجب افزایش آنتی‌اکسیدان‌های درون‌زای اولیه مانند سوپراکسید دیسموتاز-۱، کاتالاز و گلوتاتیون سنتتاز تنظیم مجدد شدند و بیان ژن‌های درگیر در فعالیت ایمنی و مسیرهای سیگنالینگ التهابی افزایش یافت [۱۵] که نتایج این تحقیق نیز با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی داشت. سوردا و همکاران نیز گزارش کردند غواصی در عمق ۴۰ متری موجب پاسخ آنتی‌اکسیدانی در گلبول‌های قرمز و پلاسما می‌شود که در ارتباط با رگ‌گشایی در عروق محیطی است [۱۷] که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی داشت.

در مطالعه پروویک و همکاران نیز ۳۰ دقیقه غواصی اسکوبا در عمق ۳۰ متری موجب افزایش فعالیت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز-۲ و فعالیت‌های سوپراکسید دیسموتاز کل در نمونه‌های سلول‌های تک‌هسته‌ای خون محیطی[7] 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] هم‌خوانی داشت. فعالیت بدنی یک استرس برای افزایش عملکرد میتوکندری و درنتیجه افزایش رادیکال‌های آزاد است [۷، ۱۸]. به‌طور معمول، سیستم آنتی‌اکسیدانی قبل از اینکه باعث اختلال عملکرد سلولی و درنهایت مرگ سلولی شود، گونه‌های فعال اکسیژن و انواع نیتروژن واکنش‌پذیر را به‌سرعت از بین می‌برد. بااین‌حال، در سیستم‌های زنده مقدار کمی از رادیکال‌های آزاد بر دفاعی آنتی‌اکسیدان غلبه می‌کنند، بنابراین سطح متوسطی از آسیب اکسیداتیو وجود دارد [۱۹]. سیستم انتقال الکترون میتوکندریایی از حداقل ۱۱ مکان مختلف، بسته به حالت تنفسی، با نرخ‌های مختلف $O_2^{\cdot-}$ تولید می‌کند [۲۰]. تغییر در $O_2^{\cdot-}$ یا به‌صورت خودبه‌خودی در یک واکنش مرتبه اول رخ می‌دهد، یا به‌صورت آنزیمی توسط سوپراکسید دیسموتاز به H_2O_2، تبدیل می‌شود [۸].

7. Peripheral Blood Mononuclear Cell (PBMC)

جدول ۱، مشخصات جمعیت‌شناختی آزمودنی‌ها

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

مجله علمی پزشکی
جندی شاپور

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

متغیر	میانگین±انحراف‌معیار		d	t	P
	پیش‌آزمون	پس‌آزمون			
کاتالاز (کیلو واحد در لیتر)	۱۳۱/۳±۴/۴۵	۱۳۳/۷±۴/۳۰	۵	-۴/۱۶۲	۰/۰۰۹
سوپراکسید دیسموتاز-۳ (واحد در میلی‌لیتر)	۲۰۹/۳۳±۳۹/۷۸	۲۲۱/۱۶±۳۹/۵۱	۵	-۵/۶۶	۰/۰۰۲

*معناداری در سطح ۰/۰۵ است.

مجله علمی پزشکی
جندی شاپور

تحقیقات قبلی نیز نشان داده‌اند که غواصی اسکوبا به‌علت استرس ناشی از فعالیت بدنی و همچنین استرس ناشی از محیط به‌خاطر 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 درون‌سلولی مانند سوپراکسید دیسموتاز-۱ [۱۵] و سوپراکسید دیسموتاز-۲ [۱۳] برای دفاع آنتی‌اکسیدانی فعال می‌شوند. در تحقیق حاضر ایزوفرم سوپراکسید دیسموتاز-۳ که نوع متداول‌تر 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 کاهش‌یافته[8] 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 به‌عنوان راه‌اندازی مکانیسم آنزیمی آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به استرس ناشی از غواصی عنوان کرد. البته 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 پزشکی، به‌خصوص مشکلات قلبی‌عروقی نداشتند. بنابراین نتایج تحقیق حاضر قابل‌تعمیم به افراد غیرورزشکار و بیمار نیست. باتوجه‌به صرف زمان ۵ دقیقه‌ای برای توقف ایمن در عمق ۳ متری برای کاهش فشار، خون‌گیری بلافاصله پس از شنا در عمق ۱۰ متری امکان‌پذیر 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 ازنظر تکنیکی و تجهیزاتی، امکان خون‌گیری در مراحل مختلف غواصی در آب وجود نداشت.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج حقیق حاضر می‌توان گفت ۲۰ دقیقه غواصی اسکوبا 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 آنتی‌اکسیدانتی بدن برای کاهش سطوح افزایش‌یافته رادیکال‌های آزاد ناشی از غواصی است.

8. Glutathione (GSH)

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 محرمانه بودن اطلاعات شخصی آن‌ها نزد پژوهشگران اطمینان داده شد و هیچ اجباری برای ادامه همکاری با پژوهشگر را نداشتند.

حامی مالی

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

مشارکت نویسندگان

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

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تیم امداد و نجات جمعیت هلال‌احمر استان کهگیلویه و بویراحمد، تشکر و قدردانی می‌کنند.

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/fnmol.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, Motamedi 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