Comparison of the effect of diving at depths of 10, 20 and 30 meters on hematological parameters of male divers in the morning and evening

Received:
2024-08-01
Accepted:
2024-10-14
Online ISSN
3060-7078

Sarallah Ghorbani
1.Ms.C. Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran
Navab Abnama
2.Ms.C. Alameh Tabatabaei University, Tehran, Iran
Seyed Ali Hoseini
3.Associate Professor, Exercise Physiology Department, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
Tahere Bagheri
4.Ph.D in Sport Management, Yasuj Branch, Islamic Azad University, Yasuj, Iran

*Correspondence:
Sarallah Ghorbani
Email:
ghorbanisarallah@gmail.com
orcid/0009-0002-5554-8893

ABSTRACT

Purposes: Physical activity can cause various hematological changes and affect blood parameters. The purpose of this study was to investigate the effect of diving in the morning and evening on the hematological factors of male divers.
Materials and methods: Participants dived at a depth of 10 meters on the first day, 20 meters on the second day, and 30 meters on the third day for 20 minutes at an intensity of 50 to 60 percent of heart rate reserve in the morning and evening. Blood samples were collected before and after diving. A repeated measures analysis of variance was used to analyze the findings.
Results: The results showed that increasing ambient pressure had a significant effect on changes in hemoglobin (P=0.005), hematocrit (P=0.001), and red blood cells (P=0.003). Diving had a significant effect on hematocrit (P=0.01) and red blood cells (P=0.03) regardless of depth. Hemoglobin (P=0.01), hematocrit (P=0.001), and red blood cells (P=0.007) levels increased significantly at 30 meters compared to 10 and 20 meters. Regarding changes between morning and evening, the results of the statistical test showed that changes in the morning and evening groups were significant for hematocrit (P=0.01) but not for changes in hemoglobin and red blood cells (P >0.05).
Conclusion: Diving in the morning and evening had the same effect on hemoglobin and red blood cell counts. On the other hand, diving at depths of 30 meters and 20 meters resulted in greater changes than diving at a depth of 10 meters.

Keywords: diving, hemoglobin, hematocrit, red blood cell, morning and evening

Extended abstract

Background: One of the sports that has recently received attention is diving. The diving environment, due to its specific conditions, has various effects on the diver's body systems [2]. Many people, whether recreationally or professionally, are involved with the underwater world and its related issues and problems. When entering the underwater world, the first problem that arises for a diver is the increase in pressure due to the depths, which can have effects on the physiological efficiency of his body. Water pressure tolerance can affect some blood factors, for example, peripheral vessels constrict due to increased pressure, leading to changes in body fluids and hematocrit [5]. Hematocrit can be considered a measure of hydration [7]. Under steady-state conditions, hematocrit levels do not change, but this assumption may not necessarily be true for recreational divers, as splenic contraction is known to be part of the human response to diving and exercise. Due to limitations in studies and different definitions used in relation to diving, there is no precise knowledge of the effect of a diving session on blood hematology factors, which makes it difficult to compare the effect of a diving session on blood hematology factors of male divers in the morning and evening. Therefore, the present study was designed and conducted with the aim of investigating the effect of a diving session on hematological blood factors of male divers in the morning and evening.

Methodology: This study was conducted as a semi-experimental study with a pre-test and post-test design. In this study, 10 divers from the Red Crescent Rescue Team of Kohkiluyeh and Boyer Ahmad Province were selected and after completing a health questionnaire and informed consent form, they were randomly divided into two groups of five.

Group one and two dived for 20 minutes at a depth of 10 meters in a round trip manner in the morning and evening at a distance of 20 meters. Then, after the end of 20 minutes, both groups came to the surface and blood was collected again. 24 hours later and 48 hours later, as in the first session, all subjects dived at depths of 20, and 30 meters. In all diving sessions, blood was collected from all participants in both groups (in a fasting state and in an amount of 5 ml from the brachial vein) [14].

To check the normality of the data, the Shapiro-Wilk test was used, to check the differences between groups, the analysis of variance with repeated measures tests were used, and to determine the exact location of the difference, the LSD post hoc test was used using SPSS software version 22. The significance level was also considered $\alpha \geq 0.05$ for all calculations.

Results : The Shapiro-Wilk test showed that the data had a normal distribution ($p > 0.05$). The results of the analysis of the research findings show that the increase in environmental pressure caused by deep sea diving has a significant effect on hemoglobin changes ($P = 0.005$ and $F = 7.68$). However, the increase in pressure did not cause a change in hemoglobin levels between morning and evening ($P = 0.15$ and $F = 1.14$). On the other hand, the increase in depth did not have a significant effect on hemoglobin ($P = 0.15$ and $F = 2.51$). Also, the depth did not affect the changes in hemoglobin in the diving groups in the morning and evening ($P = 0.32$ and $F = 1.10$).

Regarding hematocrit, it was shown that the increase in ambient pressure caused by deep sea diving had a significant effect on hematocrit changes ($P = 0.001$ and $F = 16.72$), and this increase in pressure between the morning and evening groups led to significant changes ($P = 0.001$ and $F = 8.99$). On the other hand, it was shown that there was no significant interaction between the increase in ambient pressure and the duration of diving ($P = 0.23$ and $F = 1.59$).

Another result of this study was the significant effect of environmental pressure caused by deep sea diving on red blood cell changes ($P=0.003$ and $F=16.80$) and there was a significant difference between the morning and evening groups ($P=0.001$ and $F=10.78$). In addition, diving has a significant effect on red blood cells regardless of the amount of pressure increase (depth) ($P=0.03$ and $F=6.90$). On the other hand, there was no significant interaction between the increase in environmental pressure and the duration of diving ($P=0.94$ and $F=0.06$).

Regarding the changes between morning and evening, the results of the statistical test showed that the changes in the morning and evening groups were significant for hematocrit ($P=0.01$) but not for hemoglobin and red blood cell changes ($P>0.05$).

The results showed that for the variables hemoglobin, hematocrit and red blood cells, there were significant changes between depths of ten meters and thirty meters, as well as between depths of twenty meters and thirty meters ($P \leq 0.05$). However, there was no significant difference between depths of ten meters and twenty meters ($P > 0.05$).

Conclusion: The results of this study showed that the increase in environmental pressure caused by deep sea diving has a significant effect on hemoglobin changes. However, there is no significant difference in hemoglobin changes caused by the increase in environmental pressure caused by deep sea diving in the morning and evening groups. The hemoglobin level at a depth of 30 meters increases significantly compared to depths of 10 and 20 meters.

In general, diving activity is likely to change bilirubin levels. On the other hand, due to activity in a high-pressure environment, the rate of hemolysis of red blood cells increases, and as a result, the level of hemoglobin also increases [16]. Due to the participants' activity history and the ability of the cells to maintain homeostasis, metabolic acidosis does not occur within the divers' cells. The absence of metabolic acidosis could contribute to an increase in the content of 2,3-diphosphoglycerate. 2,3-diphosphoglycerate is one of the most important compounds involved in the affinity of hemoglobin for the oxygen molecule. This compound reduces the affinity of hemoglobin for oxygen and leads to an increase in free hemoglobin in the blood [17]. Regarding the lack of an effect of time of day on hemoglobin levels, it should be noted that since mature red blood cells lack nuclear DNA, they do not have any "clock genes" to cause circadian variations in their activity. However, alternative pathways for rhythmic control exist [17, 18].

There are several limitations to interpreting the results of this study. First, we did not have the conditions to directly assess the hydration status of the divers. Also, urine volume and erythropoietin levels were not examined.

مقایسه اثر غواصی در عمق‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متری بر عوامل هماتولوژی مردان غواص در صبح و عصر

تاریخ ارسال:
۱۴۰۳/۰۵/۱۱
تاریخ پذیریش:
۱۴۰۳/۰۷/۲۳
شاپا الکترونیکی
۳۰۶۰-۷۰۷۸

ثارالله قربانی
۱- کارشناس ارشد، دانشگاه ازاد اسلامی واحد یاسوج، یاسوج، ایران.
نواب آبنما[۲]
۲- کارشناس ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
سید علی حسینی
۳- دانشیار، گروه فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران
طاهره باقری
۴- دکتری مدیریت ورزشی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاسوج، یاسوج، ایران

* نویسنده مسئول: ثارالله قربانی
ایمیل:
ghorbanisarallah@gmail.com
orcid/0009-0002-5554-8893:

چکیده

مقدمه: فعالیت ورزشی می‌تواند تغییرات هماتولوژیک مختلفی ایجاد کرده و بر شاخص‌های خونی اثر بگذارد. هدف از این تحقیق بررسی اثر غواصی در صبح و عصر برعوامل هماتولوژی مردان غواص بود.

روش تحقیق: در این تحقیق ده نفر غواص به طور داوطلب شرکت کردند. شرکت‌کنندگان در روز اول در عمق ۱۰ متر، روز دوم ۲۰ متر و در روز سوم ۳۰ متر به مدت ۲۰ دقیقه با شدت ۵۰ تا ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره در صبح و عصر غواصی کردند. قبل و پس از غواصی نمونه‌های خونی جمع آوری شدند. جهت تجزیه و تحلیل یافته‌ها از آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزایش فشار محیطی اثر معنی‌داری بر تغییرات هموگلوبین ($P=۰/۰۰۵$)و هماتوکریت ($P=۰/۰۰۱$)و گلبول‌های قرمز دارد ($P=۰/۰۰۳$)دارد. غواصی صرف نظر از میزان عمق اثر معنی‌داری بر هماتوکریت ($P=۰/۰۱$) و گلبول قرمز($P=۰/۰۳$)دارد. سطوح هموگلوبین ($P=۰/۰۱$)، هماتوکریت ($P=۰/۰۰۱$) و گلبول قرمز($P=۰/۰۰۷$)در عمق ۳۰ متر به طور معنی‌داری نسبت به عمق‌های ۱۰ و ۲۰ متر افزایش پیدا می‌کند. در رابطه با تغییرات بین صبح و عصر، نتایج آزمون آماری نشان داد که تغییرات در گروه‌های صبح و عصر برای هماتوکریت ($P=۰/۰۱$) اما برای تغییرات هموگلوبین و گلبول قرمز معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: غواصی در صبح و عصر اثر یکسانی بر میزان هموگلوبین و گلبول قرمز دارد. از طرفی غواصی در اعماق ۳۰ متر و ۲۰ متر منجر به تغییرات بیشتری تسبت به غواصی در عمق ۱۰ متری شد.

واژگان کلیدی: غواصی، هموگلوبین، هماتوکریت، گلبول قرمز، صبح و عصر

مقدمه:

ورزش و فعالیت‌های ورزشی امروزه بخش فراگیر زندگی روزمره شده است [۱]. یکی از رشته‌های ورزشی که اخیرا مورد توجه قرار گرفته است، غواصی است. محیط غواصی به دلیل شرایط خاص خود، اثرات مختلفی بر روی دستگاه‌های بدن غواص به جای می‌گذارد [۲]. افراد بسیاری چه به صورت تفریحی و چه به صورت حرفه‌ای با دنیای زیر آب و مسایل و مشکلات مربوط به آن درگیر می‌باشند. هنگام ورود به دنیای زیر آب اولین مسئله‌ای که برای غواص بوجود می‌آید، افزایش فشار ناشی از اعماق است که این افزایش فشار محیطی می‌تواند بر روی کارایی فیزیولوژیایی بدن او تاثیراتی داشته باشد و چنانچه غواص به این تاثیرات آگاهی نداشته باشد، مشکلات و صدمات فیزیولوژیایی خاصی برای او بوجود می‌آید [۳]. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقادیر استراحتی ترکیبات خونی در افراد ورزشکار نسب به افراد عادی متفاوت است و این مقادیر نیز به دنبال فعالیت بدنی، تغییر می‌کند [۴]. تحمل فشار ناشی از آب می‌تواند روی برخی فاکتورهای خونی اثر گذار باشد، بطور مثال عروق محیطی به دلیل افزایش فشار منقبض شده و منجر به تغییراتی در مایعات بدن و همچنین هماتوکریت می‌گردد [۵]. از طرفی افزایش هماتوکریت منجر به افزایش ویسکوزیته خون می‌شود. یکی از عوامل افزایش ویسکوزیته افزایش سلول‌های خونی از جمله گلبول قرمز خون است [۶]. هماتوکریت را می‌توان به عنوان معیاری برای هیدراتاسیون نام برد [۷]. در شرایط ثابت، مقدار هماتوکریت تغییری نمی‌کند اما برای غواصان تفریحی ممکن است لزوماً این فرض صدق نکند، زیرا انقباض طحال به عنوان بخشی از پاسخ انسان به غواصی و ورزش شناخته شده است. تغییرات خونی ناشی از این مکانیسم مشخص شده است که ظرف ۱۰ دقیقه پس از یک محرک حبس نفس و در عرض ۲۰ دقیقه پس از توقف حداکثر تمرین، به مقادیر اولیه باز می‌گردند [۸]. تصور می‌شود که اثر هیدرواستاتیک غوطه‌وری با تجمع گرانشی خون در نواحی وابسته بدن مخالف است و بازگشت وریدی از اطراف را افزایش می‌دهد و باعث حذف حجم اضافی پلاسما توسط کلیه می‌شود [۹]. هماتوکریت با سلول‌های موجود در خون رابطه مستقیم دارد. بطورکلی بین هماتوکریت، گلبول قرمز و هموگلوبین رابطه معنی‌داری وجود دارد و این رابطه با فعالیت بدنی دچار تغییراتی می‌شود [۱۰]. تحقیقات جدید نشان داده‌اند که فعالیت در آب و نیز غواصی، منجر به تغییراتی در فاکتورهای خونی می‌شود. بطور مثال گونزالس و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که غلظت هموگلوبین در شناگران بعد از اتمام اردوی تیم ملی نسبت به قبل از آن افزایش یافت، درحالیکه میزان هماتوکریت نیز افزایش یافته بود [۱۱]. ویلیامز و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش کردند که میزان هماتوکریت پس از غواصی در زنان و مردان افزایش می‌یابد [۹]. اما لود و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که هماتوکریت بدلیل تغییرات در آلدسترون در غواصان در گروه شیرجه نسبت به گروه کنترل کاهش می‌یابد [۱۲]. هم‌چنین در تحقیق حیدری و همکاران (۲۰۱۶) مشخص شد که حجم پلاسما و تعداد گلبول‌های قرمز در قبل و بعد از فعالیت بی‌هوازی در ورزشکاران جودوکار کاهش یافت [۱۰].

به دلیل محدودیت در مطالعات و نیز تعاریف متفاوت بکار رفته در رابطه با غواصی شناخت دقیقی از تاثیر یک دوره غواصی بر عوامل هماتولوژی خون وجود ندارد، به همین علت مقایسه میزان تاثیر یک دوره غواصی برعوامل هماتولوژی خون مردان غواص در صبح و عصر را دشوار کرده است. آمار مربوط به یک دوره غواصی در اعماق مختلف برعوامل هماتولوژی خون مردان غواص در صبح و عصر کمتر گزارش شده است. با توجه به اینکه محیط‌های آبی تاثیر متفاوتی بر سیستم‌های خون‌سازی بدن دارد، برآورد میزان تاثیر یک دوره غواصی برعوامل هماتولوژی خون مردان غواص در صبح و عصر و مقایسه نتایج آن در شهرهای دارای ورزش غواصی درکشور ضروری به نظر می‌رسد. لذا مطالعه حاضر با هدف تاثیر یک دوره غواصی بر عوامل هماتولوژی خون مردان غواص در صبح و عصر طراحی و اجرا گردید.

روش تحقیق:

این پژوهش بصورت نیمه تجربی و با طرح پیش آزمون و پس آزمون انجام گرفت. در این پژوهش تعداد ۱۰ نفر از غواصان تیم امداد و نجات هلال احمر استان کهکیلویه و بویر احمد انتخاب و پس از تکمیل پرسشنامه سلامت و فرم رضایت‌نامه آگاهانه، بصورت تصادفی به دو گروه پنج نفره تقسیم شدند.

معیارهای ورود و خروج از پژوهش: آگاهی از فنون و تکنیک‌های خاص و همچنین مهارت و داشتن گواهینامه غواصی، عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی و ریوی، عدم استعمال سیگار و نداشتن بیماری‌های خاص از معیارهای ورود به پژوهش حاضر بود. معیارهای خروج از پژوهش شامل آسیب ورزشی احتمالی، تنگی نفس و سختی تنفس بود.

روش اجرا: پس از پرکردن کاربرگ‌های اطلاعات فردی و رضایت‌نامه آگاهانه، متغیرهایی همچون وزن (ترازوی سکا، حساسیت ۱۰۰ گرم) و قد (قدسنج سکا، حساسیت ۵ میلی متر) [۱۳] شرکت‌کنندگان اندازه‌گیری شد. گروه یک به مدت ۲۰ دقیقه در عمق ۱۰ متر بصورت رفت و برگشتی و گروه دو در این عمق در عصر به مدت ۲۰ دقیقه در یک مسافت ۲۰ متری به صورت رفت و برگشتی غواصی کردند، سپس پس از پایان ۲۰ دقیقه هر دو گروه به سطح آب آمدند و مجددا خونگیری به عمل آمد. ۲۴ ساعت بعد همچنین ۴۸ ساعت بعد همانند جلسه اول تمامی آزمودنی‌ها در اعماق۱۰و

۲۰ و ۳۰ متر غواصی کردند.

در تمامی جلسات غواصی، قبل و بعد از فعالیت غواصی از همه شرکت‌کنندگان هر دو گروه خونگیری (در وضعیت ناشتا و به مقدار ۵ میلی‌لیتر از ورید بازویی)[۱۴] به عمل آمد. به منظور سنجش فاکتورهای مورد نظر، نمونه‌های خونی در ویال‌های CBC حاوی ماده ضد انعقاد EDTA ریخته و به آزمایشگاه فرستاده شد. از دستگاه هماتولوژی آنالایزر KX-21 سیسمکس (ساخت کشور ژاپن) برای این منظور استفاده شد [۶]. شدت فعالیت با استفاده از فرستنده الکتریکی ضربان قلب کنترل و شرکت‌کنندگان با شدت ۵۰–۶۰ حداکثر ضربان قلب در یک مسافت ۲۰ متری غواصی کردند.

ملاحظات اخلاقی: پیش از شروع پروتکل تحقیقی، ابتدا هدف، جزییات و همچنین خطرات احتمالی اجرای فعالیت در زیر آب برای شرکت‌کنندگان تشریح داده شد. به کلیه شرکت‌کنندگان این اطمینان داده شد که اطلاعات شخصی آن‌ها محرمانه و نزد محقق باقی خواهد ماند و همچنین شرکت‌کنندگان مجازند در هر مرحله‌ای تحقیق از مطالعه خارج شوند. کلیه مراحل پژوهش حاضر زیر نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علامه طباطبایی تهران انجام شد و دارای کد اخلاق IR.ATU.REC.1398.014 است.

تجزیه و تحلیل آماری: یافته‌ها به صورت میانگین و انحراف استاندارد بیان شده است. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک، برای بررسی تفاوت بین گروه‌ها از آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های تکراری و به منظور تعیین محل دقیق تفاوت آزمون تعقیبی LSD به کمک نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد . سطح معنی‌داری نیز برای تمام محاسبات$\alpha \leq$ ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج:

آزمون شاپیرو–ویلک نشان داد که داده‌ها از توزیع طبیعی برخوردار بودند (p> ۰/۰۵). ویژگی‌های دموگرافیکی آزمودنی‌ها در جدول ۱ آمده است. تغییرات سطوح سرمی متغیرهای مورد بررسی بصورت میانگین ± انحراف استاندارد در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱. ویژگی‌های دموگرافیکی آزمودنی‌ها (میانگین ± انحراف استاندارد)

متغیر	مقدار
سن (سال)	۳۲/۸۳±۲/۶۳
قد (سانتی متر)	۱۷۸/۷۳±۲/۸۸
وزن (کیلوگرم)	۸۱/۵±۷/۱۶

جدول۲. تغییرات سطوح سرمی متغیرهای مورد بررسی (میانگین ± انحراف استاندارد)

گروه	فعالیت	متغیرها	قبل از غواصی	بلافاصله بعد از غواصی
غواصی در صبح	عمق ۱۰ متر	هموگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۴/۹۶±/۷۳	۱۵/۳۴±۱/۱
		هماتوکریت (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۴/۰۸±۱/۹	۴۵/۳۸±۲/۳
		گلبول قرمز(میلیون در میکرولیتر)	۵/۲±/۷۲	۵/۳±/۶۱
	عمق ۲۰ متر	هموگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۴/۹±/۹۵	۱۵/۴۲±۱/۸
		هماتوکریت (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۳/۹۶±۱/۲۶	۴۵/.۴±۱/۵۵
		گلبول قرمز(میلیون در میکرولیتر)	۵/۱۵±/۴۸	۵/۳۰±/۵۶
	عمق ۳۰ متر	هموگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۵/۹۶±۱/.۱	۱۶/۴۴±/۸۷
		هماتوکریت (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۷/۴±۱/۳۶	۴۸/۶۴±۱/۴۲
		گلبول قرمز(میلیون در میکرولیتر)	۵/۶۳±/۵۲	۵/۶۶±/۵۶
غواصی در عصر	عمق ۱۰ متر	هموگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۵/۹۶±/۲۹	۱۶/۲۲±/۲۵
		هماتوکریت (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۶/۰۴±/۵۷	۴۶/۱۴±/۶۳
		گلبول قرمز(میلیون در میکرولیتر)	۵/۱±/۱۸	۵/۲۲±/۰۷

عمق ۲۰ متر	هموگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۵/۷۴±/۲۹	۱۶/۲۸±/۶۳
	هماتوکریت (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۴/۷۴±/۸۷	۴۶/۵۰±۱/۸۶
	گلبول قرمز(میلیون در میکرولیتر)	۵/۰۳±/۱۶	۵/۲۲±/۱۸
عمق ۳۰ متر	هموگلوبین (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۶/۵۲±۱/۸۸	۱۶/۰۰±/۲۱
	هماتوکریت (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۴۵/۷۰±۱/۱۲	۴۶/۰۴±/۵۷
	گلبول قرمز(میلیون در میکرولیتر)	۵/۰۵±/۲۰	۵/۱۸±/۰۷

نتایج تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا اثر معنی‌داری بر تغییرات هموگلوبین دارد (P=۰/۰۰۵ و $F_{۲ و ۱۶}$ = ۷/۶۸). اما افزایش فشار در میزان هموگلوبین در بین صبح و عصر تغییری ایجاد نکرد (P=۰/۱۵ و $F_{۱ و ۸}$ = ۱/۱۴). از طرفی افزایش عمق اثر معنی‌داری بر هموگلوبین نداشت (P=۰/۱۵ و $F_{۱ و ۸}$= ۲/۵۱). همچنین میزان عمق در تغیرات هموگلوبین در گروه‌های غواصی در صبح و عصر اثرگذار نبود (P=۰/۳۲ و $F_{۱ و ۸}$= ۱/۱۰) (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری تکراری برای تغییرات هموگلوبین در اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر

منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	سطح معنی داری
عمق	۵/۲۶	۲/۶۳	۲	۷/۶۸	*۰/۰۰۵
تعامل عمق و گروه	۲/۳۴	۱/۱۷	۲	۳/۴۲	*۰/۰۵
خطا	۵/۴۸	۰/۳۴	۱۶		
غواصی	۱/۱۴	۱/۱۴	۱	۲/۵۱	۰/۱۵
تعامل غواصی و گروه	۰/۵۰	۰/۵۰	۱	۱/۱۰	۰/۳۲
خطا	۳/۶۵	۰/۴۵	۸		
تعامل عمق و غواصی	۰/۷۷	۰/۳۸	۲	۱/۳۷	۰/۲۸
تعامل عمق، غواصی و گروه	۰/۷۶	۰/۳۸	۲	۱/۳۶	۰/۲۸
خطا	۴/۴۹	۰/۲۸	۱۶		

*نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار

در رابطه با هماتوکریت نشان داده شد که افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا اثر معنی‌داری بر تغییرات هماتوکریت دارد (P=۰/۰۰۱ و $F_{۲ و ۱۶}$ = ۱۶/۷۲) و این افزایش فشار بین گروه‌های صبح و عصر منجر به تغییرات معنی‌داری شد (P=۰/۰۰۱ و $F_{۱ و ۸}$ = ۱۵/۹۹). از طرفی نشان داده شد که تعامل معنی داری بین افزایش فشار محیطی و مدت زمان غواصی وجود ندارد (P=۰/۲۳ و $F_{۲ و ۱۶}$= ۱/۵۹) (جدول ۴).

جدول ٤. نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری برای تغییرات هماتوکریت در اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر

منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	سطح معنی داری
عمق	۴۰/۲۱	۲۰/۱۰	۲	۱۶/۷۲	*۰/۰۰
تعامل عمق و گروه	۳۸/۴۵	۱۹/۲۲	۲	۱۵/۹۹	*۰/۰۰
خطا	۱۹/۲۳	۱/۲۰	۱۶		
غواصی	۱۴/۱۱	۱۴/۱۱	۱	۱۰/۳۴	*۰/۰۱
تعامل غواصی و گروه	۰/۸۴	۰/۸۴	۱	۰/۶۱	۰/۴۵
خطا	۱۰/۹۱	۱/۳۶	۸		
تعامل عمق و غواصی	۱/۵۳	۰/۷۶	۲	۰/۹۶	۰/۴۰
تعامل عمق، غواصی و گروه	۲/۵۵	۱/۲۷	۲	۱/۵۹	۰/۲۳
خطا	۱۲/۸۰	۰/۸۰	۱۶		

*نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار

از دیگر نتایج این پژوهش اثر معنی‌دار فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا بر تغییرات گلبول قرمز بود (P=۰/۰۰۳ و ۸/۸۰ = $F_{۲ و ۱۶}$) و تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های صبح و عصر وجود دارد (P=۰/۰۰۱ و ۱۰/۷۸ = $F_{۱ و ۸}$). علاوه بر این غواصی صرف نظر از میزان افزایش فشار (عمق) اثر معنی داری بر گلبول قرمز دارد (P=۰/۰۳ و ۶/۹۰= $F_{۱ و ۸}$). از طرف دیگر نتایج این جدول تعامل معنی‌داری بین افزایش فشار محیطی و مدت زمان غواصی را نشان نداد (P=۰/۹۴ و ۰/۰۶= $F_{۲ و ۱۶}$).

در رابطه با تغییرات بین صبح و عصر، نتایج آزمون آماری نشان داد که تغییرات در گروه‌های صبح و عصر برای هماتوکریت (P=۰/۰۱) اما برای تغییرات هموگلوبین و گلبول قرمز معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵) (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج آزمون تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری برای تغییرات گلبول‌های قرمز در اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر

منبع تغییرات	مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	سطح معنی داری
عمق	۰/۴۶	۰/۲۳	۲	۸/۸۰	*۰/۰۰۳
تعامل عمق و گروه	۰/۵۷	۰/۲۸	۲	۱۰/۷۸	*۰/۰۰۱
خطا	۰/۴۲	/۰۲	۱۶		
غواصی	۰/۲۱	۰/۲۱	۱	۶/۹۰	۰*/۰۳
تعامل غواصی و گروه	۰/۰۱	۰/۰۱	۱	۰/۳۴	۰/۵۷
خطا	۰/۲۵	۰/۰۳	۸		
تعامل عمق و غواصی	۰/۰۱	۰/۰۰۹	۲	۰/۲۵	۰/۷۷
تعامل عمق، غواصی و گروه	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۲	۰/۰۶	۰/۹۴
خطا	۰/۵۸	۰/۰۳	۱۶		

*نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار

جدول ۶ نشان‌دهنده نتایج آزمون تعقیبی LSD برای متغیرهای مورد بررسی در پژوهش حاضر است. نتایج نشان دادند که برای متغیرهای هموگلوبین، هماتوکریت و گلبول قرمز بین عمق‌های ده متر و سی متر و همچنین بین اعماق بیست متر و سی متر تغییرات معنی‌دار است (P≤۰/۰۵). ولی بین اعماق ده متر و بیست متر تفاوت معنی‌دار نیست (P>۰/۰۵) (جدول ۶).

جدول ٦. نتایج آزمون تعقیبی LSD برای متغیرهای مورد بررسی

		عمق ۲۰ متر		عمق ۳۰ متر	
		Mمقدار	سطح معنی‌داری	Mمقدار	سطح معنی‌داری
هموگلوبین	**عمق ۱۰ متر**	۰/۰۳	۰/۷۷	۰/۶۱	*۰/۰۱
	عمق ۲۰ متر			۰/۶۴	*۰/۰۱
هماتوکریت	**عمق ۱۰ متر**	۰/۳۵	۰/۳۶	−۱/۵۳	*۰/۰۰۱
	عمق ۲۰ متر			−۱/۸۸	*۰/۰۰۱
گلبول قرمز	**عمق ۱۰ متر**	۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۱۶	*۰/۰۱
	عمق ۲۰ متر			۰/۲۰	*۰/۰۰۱

*نشان‌دهنده تغییر معنی‌دار

بحث:

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا اثر معنی‌داری بر تغییرات هموگلوبین دارد. اما تفاوت معنی‌داری در تغییرات هموگلوبین ناشی از افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا در گروه‌های صبح و عصر وجود ندارد. غواصی صرف نظر از میزان افزایش عمق اثر معنی‌داری بر هموگلوبین ندارد. همچنین تفاوت معنی‌داری در تغیرات هموگلوبین در گروه‌های غواصی در صبح و عصر وجود

ندارد. سطح هموگلوبین در عمق ۳۰ متر به طور معنی‌داری نسبت به عمق های ۱۰ و ۲۰ متر افزایش پیدا می‌کند. در رابطه با متغیر مذکور ، مطالعات در رابطه با غواصی صورت گرفته است که یکی از این مطالعات به بررسی تغییرات هماتولوژیکی پرداخته شده است که نتایج این تحقیقات در ارتباط با متغیر هموگلوبین با تحقیق ادیل جی دهیل (۲۰۰۶)[1] همسو نمی‌باشد .ولی در رابطه با متغیر گلبول‌های قرمز با این تحقیق همسو می‌باشد. جی دهیل (۲۰۰۶) در پژوهشی با هدف بررسی تغییرات هماتولوژیکی در غواصان به این نتیجه رسیدند که غواصی بر دستگاه خون‌سازی بدن (گلبول قرمز و هموگلوبین) تاثیر دارد [۱۵]. نتایج کیبوب و همکاران (۲۰۱۸) با نتایج پژوهش حاضر همسو نبود و این محققان کاهش هموگلوبین را در ۲ ساعت بعد از غواصی مشاهده کردند [۱۱]. یکی از دلایل احتمالی ناهمسویی زمان خونگیری بود. بطور کلی با انجام فعالیت غواصی، احتمالا میزان بیلی‌روبین دچار تغییر می‌شود. از طرفی بدلیل فعالیت در محیط پرفشار میزان همولیز گلبول‌های قرمز افزایش یافته و در نتیجه میزان هموگلوبین نیز افزایش می‌یابد[۱۶]. بدلیل سابقه فعالیت شرکت‌کنندگان و توانایی سلول‌ها در حفظ حالت هموستازی، اسیدوز متابولیکی در داخل سلول‌های غواصان رخ نمی‌دهد. عدم اسیدوز متابولیکی، می‌تواند به افزایش محتوای ۲ و ۳ دی‌فسفوگلیسرات کمک کند. ۲ و ۳ دی‌فسفوگلیسرات یکی از مهم‌ترین ترکیبات دخیل در میل ترکیبی هموگلوبین به مولکول اکسیژن می‌باشد. این ترکیب میل ترکیبی هموگلوبین به اکسیژن را کاهش داده و منجر به افزایش هموگلوبین آزاد در خون می‌شود [۱۷]. در رابطه با عدم اثرگذاری زمان روز بر میزان هموگلوبین، باید چنین عنوان کرد که از آنجایی که گلبول‌های قرمز بالغ فاقد DNA هسته‌ای هستند، هیچ "ژن ساعت" برای ایجاد تغییرات شبانه‌روزی در فعالیت خود ندارند. اگرچه مسیرهای جایگزین برای کنترل ریتمیک وجود دارد[۱۷ و ۱۸].

غواصی در صبح و عصر اثر یکسانی بر گلبول‌های قرمز مردان غواص دارند؛ نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا اثر معنی‌داری بر تغییرات گلبول‌های قرمز دارد .همچنین تفاوت معنی داری در تغییرات گلبول های قرمز ناشی از افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا در گروه های صبح و عصر وجود دارد. غواصی صرف نظر از میزان افزایش فشار (عمق) اثر معنی‌داری بر گلبول‌های قرمز دارد. همچنین تفاوت معنی‌داری در تغیرات گلبول‌های قرمز در گروه‌های غواصی در صبح و عصر وجود ندارد. سطح گلبول‌های قرمز در عمق ۳۰ متر به طور معنی‌داری نسبت به عمق‌های ۱۰ و ۲۰ متر افزایش پیدا می‌کند. که نتایج این تحقیق با تحقیقات ادیل جی فدهیل همسو می‌باشد[۱۴]. ولی در تحقیق ناهمسوی سوردا (۲۰۰۹) هیچ تغییر عمده‌ای در چرخه گلبول‌های قرمز و تجمع هموگلوبین در اثر این غواصی بوجود نیامد. در این تحقیق تاثیر یک جلسه غواصی عمیق بر دفاع آنتی اکسیدانی گلبول‌های قرمز خون و پلاسما، نیتریک اکساید (NO) و آسیب سلولی گلبول‌های قرمز بررسی شد. در این مطالعه هفت غواص حرفه‌ای در عمق ۴۰ متری به مدت زمان ۲۵ دقیقه زیر آب ماندند [۱۹].

میزان اریتروپوئیتین ترشحی بر تعداد گلبول قرمز خون اثر گذار است. در تحقیق همسوی رولی و همکاران (۲۰۱۳) افزایش گلبول‌های قرمز خون بعد از فعالیت غواصی مشاهده شد. فعالیت غواصی حاد میزان اریتروپوئیتین را تغییر نداد ولی در غواصان حرفه‌ای نسبت به غواصان تازه‌کار میزان ترشح اریتروپوئیتین بالاتر بوده و این مساله باعث بالاتر بودن گلبول‌های قرمز در غواصان حرفه‌ای است[۲۰]. از طرفی غواصان حرفه‌ای دستگاه دفاع آنتی اکسیدانی قوی تری دارند و به راحتی می‌توانند گونه‌های فعال اکسیژن را دفع و منجر به کاهش سمیت در سلول‌ها شوند. هر چه سلول‌ها در شرایط غیراسیدی کمتری قرار گیرند، میزان ترشح اریتروپوئیتین نیز بیشتر می‌شود[۲۱]. همچنین نشان داده شده که پس از خروج غواصان از محیط با شرایط هایپرباریک و سازگاری مجدد با شرایط محیطی سطح دریا میزان ترشح اریتروپوئیتین تغییر می‌کند [۲۱]. حرکت از هیپراکسی هیپرباریک به نورموکسی نرموباریک باعث هیپوکسی نسبی می‌شود. در طول این مرحله، افزایش تنظیم اریتروپوئیتین باعث تولید گلبول‌های قرمز می‌شود. این پدیده که به عنوان پارادوکس نورموباریک اکسیژن شناخته می‌شود[۲۲]. گلوتاتیون آنتی اکسیدان درون‌زا اولیه، گونه‌های فعال اکسیژن را را در محیط های هیپرباریک هیپراکسیک توسط اکسیداسیون حذف می‌کند. هنگامی که گلوتاتیون آنتی اکسیدان درون‌زا اولیه اکسید می‌شود، گلوتاتیون دی سولفید را تشکیل می‌دهد که زمان می‌برد تا به حالت احیا شده خود بازگردد. فرآیند کاهش توسط آنزیم گلوتاتیون آنتی اکسیدان درون‌زا ردوکتاز با استفاده از نیکوتین‌آمید آدنین دی‌نوکلئوتید فسفات کاتالیز می‌شود که کارایی آن به نرخ تبدیل گلوکز بستگی دارد. سرعت آهسته دومی منجر به کاهش گلوتاتیون آنتی اکسیدان و تجمع گلوتاتیون دی سولفید می‌شود، که از فعال شدن فاکتور رونویسی هیپوکسی القایی فاکتور ۱ آلفا از طریق عنصر پاسخگو به هیپوکسی جلوگیری می‌کند. اتصال فاکتور رونویسی هیپوکسی القایی فاکتور ۱ آلفا به عنصر پاسخگو به هیپوکسی بیان ژن‌های دخیل در هموستاز اکسیژن از جمله اریتروپوئیتین را کنترل می‌کند [۲۳].

از دیگر نتایج این تحقیق، اثر فعالیت غواصی بر هماتوکریت بود. افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا اثر معنی‌داری بر تغییرات هماتوکریت دارد و همچنین تفاوت معنی داری در تغییرات هماتوکریت ناشی از افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا در گروه‌های

[1] G Fadhil

صبح و عصر وجود دارد. غواصی صرف نظر از میزان افزایش عمق اثر معنی‌داری بر هماتوکریت دارد. سطح هماتوکریت در عمق ۳۰ متر به طور معنی‌داری نسبت به عمق‌های ۱۰و ۲۰ متر افزایش پیدا می‌کند. در پژوهش همسوی ویلیامز و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند که غواصی در آب گرم منجر به تغییرات کوچک در تغییرات هماتوکریت می‌شود؛ ولی غواصی در آب سرد منجر به تغییرات بزرگتری در میزان هماتوکریت می‌شود [۸] و علت این امر را تغییرات در پلاسما و نیز همولیز گلبول قرمز ناشی از فعالیت در محیط گرم ذکر کرده‌اند[۲۱]. تغییر در هماتوکریت به انقباضات طحالی و اثرات خونی ناشی از آن بستگی دارد. ولی معمولا بیست دقیقه بعد از فعالیت غواصی به حالت اول برمی‌گردد [۲۴]. از طرفی تولید عرق حین غوطه‌ور شدن در آب‌های گرم نیز یکی از دلایل احتمالی تغییر در هماتوکریت است [۸]. حفظ سطح هیدراتاسیون غواصان چالش برانگیز است. برون‌ده ادرار نیز ممکن است بر تغییرات هماتوکریت اثرگذار باشد. بطوریکه اگر دمای آب به میزان ۲/۵ درجه سانتی‌گراد گرمتر از دمای محیط باشد، کاهش در برون‌ده ادرار مشاهده می‌شود [۲۵]. از طرفی، بدلیل قرار گرفتن در زیر آب و در معرض فشار بودن نسبت به سطح دریا، عروق در حالت انقباضی قرار دادند و هماتوکریت در این غواصان تازه‌کار کاهش می‌یابد [۱۷ و ۲۶]. ولی در غواصان حرفه‌ای بدلیل سازگاری به وجود آمده این مساله صادق نیست. از دیگر دلایل احتمالی افزایش هماتوکریت، می‌توان به افزایش هموگلوبین و اآلبومین اشاره کرد که در مواردی مانند دهیدراتاسیون رخ می‌دهد [۲۱].

نتیجه‌گیری:

غواصی در صبح و عصر بر هماتوکریت، گلبول قرمز و گلبول‌های قرمز مردان غواص اثرگذار است؛ با افزایش عمق غواصی و بعبارتی دیگر افزایش فشار محیطی ناشی از غواصی در اعماق دریا اثر معنی‌داری بر تغییرات سلول‌های خونی دارد که این تغییرات بخاطر تغییر فشار وارد بر بدن و دستگاه‌های مختلف است. امکان بررسی متغیرهای پژوهش در دو زمان صبح و عصر از نقاط قوت این پژوهش و عدم بررسی چرخه خواب و بیداری و نیز تفاوت‌های ژنتیکی از نقاط ضعف این پژوهش بود. محدودیت های متعددی برای تفسیر نتایج این مطالعه وجود دارد. اول اینکه ما شرایط برای ارزیابی مستقیم از وضعیت هیدراتاسیون غواصان را نداشتیم. همچنین اینکه میزان ادرار و همچنین سطح اریتروپوئیتین نیز بررسی نشد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از کلیه شرکت‌کنندگان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع:

Bagherzadeh-Rahmani B, Kordi N, Haghighi AH, et al. Eight Weeks of Pilates Training Improves Respiratory Measures in People With a History of COVID-19: A Preliminary Study. *Sports Health*. 2022;0(0):1-8.

Fahlman A, Allen AS, Blawas A, Sweeney J, Stone R, Trainor RF, Jensen FH, McHugh K, Allen JB, Barleycorn AA, Wells RS. Surface and diving metabolic rates, and dynamic aerobic dive limits (dADL) in near-and off-shore bottlenose dolphins, Tursiops spp., indicate that deep diving is energetically cheap. Mar Mam Sci. 2023; 1-18.

Carlsen AA, Lorentsen SH, Mattisson J, Wright J. Temporal non-independence of foraging dive and surface duration sequences in the European shag Gulosus aristotelis. Ethology. 2023;129:254–268

Foster GE, Sheel AW. The human diving response, its function, and its control. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2005 ;15(1):3-12.

Qvist JE, Hill RD, Schneider RC, Falke KJ, Liggins GC, Guppy MI, Elliot RL, Hochachka PW, Zapol WM. Hemoglobin concentrations and blood gas tensions of free-diving Weddell seals. Journal of Applied Physiology. 1986 1;61(4):1560-9.

Kordi N, Khosravi N. The effect of 8 weeks of multi-joint and single-joint resistance training on some coagulation and blood factors in active younge men.NUMS. 2019;5(2):77-88.[persian]

Cohle SD, Saleem A, Makkaoui DE. Effects of storage of blood on stability of hematologic parameters. American journal of clinical pathology. 1981; 76(1):67-9.

Williams ST, Prior FG, Bryson P. Hematocrit change in tropical scuba divers. Wilderness & Environmental Medicine. 2007;18(1):48-53.

Williams CL, Ponganis PJ. Oxygen Stores and Diving. Physiology of Marine Mammals: Adaptations to the Ocean. 2023; 5:51.

Heidari N, Dortaj E, Karimi M, Karami S, Kordi N. The effects of acute high intensity interval exercise of judo on blood rheology factors. Turkish Journal of Kinesiology. 2016;2(1):6-10.

Kiboub FZ, Balestra C, Loennechen Ø, Eftedal I. Hemoglobin and erythropoietin after commercial saturation diving. Frontiers in physiology. 2018 ;9:1176.

Loddé B, Giroux-Metges MA, Galinat H, Kerspern H, Pougnet R, Saliou P, Guerrero F, Lafère P. Does Decreased Diffusing Capacity of the Lungs for Carbon Monoxide Constitute a Risk of Decompression Sickness in Occupational Divers?. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2023;20(15):6516.

Kordi N, Shafiee N, Mirzaei S, Minavand K, Heidari N. The effect of continuous and interval cardiac rehabilitation exercise training on tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), interleukin 1 beta (IL-1β), and interleukin 6 (IL-6) in patients with coronary artery bypass graft. Journal of Isfahan Medical School. 2018;36(486):737-42.[persian]

Shafie N, Kordi N, Gadruni K, SalehFard Z, Jung F, Heidari N. Cardiac rehabilitation in coronary artery bypass grafting patients: Effect of eight weeks of moderate-intensity continuous training versus high-intensity interval training. Clinical Hemorheology and Microcirculation. 2023; 83(3): 305 – 314.

G Fadhil A, N Al-Asadi J, AH Ajeel N. Haematological changes among divers. The Medical Journal of Basrah University. 2006;24(1):60-5.

Hofsø D, Ulvik RJ, Segadal K, Hope A, Thorsen E. Changes in erythropoietin and haemoglobin concentrations in response to saturation diving. European journal of applied physiology. 2005 :191-6.

Łuczyński D, Lautridou J, Hjelde A, Monnoyer R, Eftedal I. Hemoglobin during and following a 4-

week commercial saturation dive to 200 m. Frontiers in physiology. 2019 ;10:1494.
Henslee EA, Crosby P, Kitcatt SJ, Parry JS, Bernardini A, Abdallat RG, Braun G, Fatoyinbo HO, Harrison EJ, Edgar RS, Hoettges KF. Rhythmic potassium transport regulates the circadian clock in human red blood cells. Nature communications. 2017 ;8(1):1978.
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. Medicine and science in sports and exercise. 2009 ;41(6):1271-6.
Revelli L, Vagnoni S, D'Amore A, Di Stasio E, Lombardi CP, Storti G, Proietti R, Balestra C, Ricerca BM. EPO modulation in a 14-days undersea scuba dive. International journal of sports medicine. 2013;34(10):856-60.
Perović A, Žarak M, Njire Bratičević M, Dumić J. Effects of recreational scuba diving on erythropoiesis–"normobaric oxygen paradox" or "plasma volume regulation" as a trigger for erythropoietin?. European Journal of Applied Physiology. 2020 ;120:1689-97.
Elia A, Barlow MJ, Deighton K, Wilson OJ, O'Hara JP. Erythropoietic responses to a series of repeated maximal dynamic and static apnoeas in elite and non-breath-hold divers. European journal of applied physiology. 2019;119:2557-65.
Semenza GL, Jiang BH, Leung SW, Passantino R, Concordet JP, Maire P, Giallongo A. Hypoxia response elements in the aldolase A, enolase 1, and lactate dehydrogenase A gene promoters contain essential binding sites for hypoxia-inducible factor 1. Journal of Biological Chemistry. 1996;271(51):32529-37.
Holmström PK, Bird JD, Thrall SF, Kalker A, Herrington BA, Soriano JE, Mann LM, Rampuri ZH, Brutsaert TD, Karlsson Ø, Sherpa MT. The effects of high altitude ascent on splenic contraction and the diving response during voluntary apnoea. Experimental Physiology. 2021;106(1):160-74.
Tetzlaff K, Lemaitre F, Burgstahler C, Luetkens JA, Eichhorn L. Going to Extremes of Lung Physiology–Deep Breath-Hold Diving. Frontiers in physiology. 2021;12:710429.
McCaughey EJ, Vecellio E, Lake R, Li L, Burnett L, Chesher D, Braye S, Mackay M, Gay S, Badrick T, Westbrook J. Key factors influencing the incidence of hemolysis: a critical appraisal of current evidence. Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences. 2017;54(1):59-72.