Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.7, No.4, Winter 2020

Original Article

Effect of High Fat Diet on Pulmonary Performance of Divers: An Interventional Study

Reza Hosseini [1], Hasan Matin Homaee [2*], Abdolali Banaeifar [3]

1- Ph.D. Candidate of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences and Physical Education, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.
2- Department of Sport Physiology, Faculty of Sport and Physical Education, Islamic Azad University, Central Tehran Branch, Tehran, Iran.
3- Department of Sport Physiology, Faculty of Sport Sciences and Physical Education, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Iran
*** Corresponding author:** hmatinhomaee@gmail.com

Abstract

Background and Objectives: This study aimed to investigate the effect of fitness training with a high-fat diet on the response of some pulmonary functions of the professional divers.

Materials and Methods: Twenty-two professional divers, randomly divided into experimental (n=12) and control (n=12) groups. Experimental divers followed 12-week fitness training with a high-fat diet, and the control group only continued fitness training for 12 weeks. Pulmonary volumes and capacities were measured before and after the 6th and 12th weeks of training. The study was conducted under the supervision of the Research Ethics Committees of the Islamic Azad University with the necessary permissions and informed consent of the participants and confidentiality of the information obtained. Data were analyzed using repeated-measures ANOVA at the significant level $P < 0.05$.

Results: The results of ANOVA with repeated measures showed that the effect of duration time on treatment of professional divers with high fat diet was significant for the tidal volume ($P = 0.000$, $F = 32.13$), the Expiratory Reserve ($P = 0.000$, $F = 37.612$) and Functional Residual Capacity ($F = 36.138$, $P = 0.000$) and total lung capacity was not significant ($P = 0.207$, $F = 1.354$). However, the duration time was not significant for exposed group with the Inspiratory Reserve Volume ($P = 0.371$, $F = 1.015$), Vital Capacity ($F = 1.375$, $P = .026$) and amount of Residual Volume ($P = 0.521$, $F = 1.580$).

Conclusion: Considering the significant association between an increased fat diet and lung function of divers, they are cautioned about eating high-fat meals before their diving operations.

Key words: High-Fat Diet; Pulmonary Indices; Decompression Sickness; Diving

How to cite this article: Hosseini R, Matin Homaee H, Banaeifar A. Effect of High Fat Diet on Pulmonary Performance of Divers: An Interventional Study. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 7(4):208-16.

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۷. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۸، صفحات ۲۰۸ تا ۲۱۶

بررسی مداخله ای تأثیر تمرینات آمادگی همراه با رژیم غذایی پرچرب بر بیماری کاهش فشار در غواصان

رضا حسینی [۱]، حسن متین همائی [۲*]، عبدالعلی بنائی فر [۳]

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران
۲- دانشکده علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران
۳- دانشکده علوم ورزشی و تربیت‌بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، ایران

چکیده

سابقه و هدف: هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات آمادگی ویژه غواصی همراه با رژیم غذایی پرچرب بر پاسخ برخی شاخص‌های ریوی مربوط به بیماری کاهش فشار در غواصان حرفه‌ای بود.

روش بررسی: ۲۲ غواص حرفه‌ای به‌طور تصادفی در ۲ گروه شامل گروه تجربی (۱۲) و گروه کنترل (۱۲) تقسیم شدند. غواصان گروه تجربی به مدت ۱۲ هفته، تمرینات آمادگی به همراه رژیم غذایی پرچرب را دنبال کردند و آزمودنی‌های گروه کنترل به مدت ۱۲ هفته فقط به تمرینات آمادگی پرداختند. حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی پیش از شروع تمرینات، بعد از هفته ششم و دوازدهم موردسنجش قرار گرفتند. با مجوزهای لازم و کسب رضایت آگاهانه از شرکت‌کنندگان و محرمانه بودن اطلاعات حاصله، زیر نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم تحقیقات مطالعه انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس مکرر در سطح معناداری $P<۰/۰۵$ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی هفته‌ها (گذر زمان) در میزان حجم جاری معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰، F= ۳۲/۱۳۲) ولی اثر اصلی هفته‌ها بر میزان حجم ذخیره دمی معنی‌دار نبود (P = ۰/۳۷۱، F= ۱/۰۱۵). اثر اصلی هفته‌ها برای میزان حجم ذخیره بازدمی معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰، F=۳۷/۶۱۲). اثر اصلی هفته‌ها برای میزان ظرفیت حیاتی معنی‌دار نبود (P =۰/۲۶۵، F=۱/۳۷۵). اثر اصلی هفته‌ها برای میزان حجم باقیمانده معنی‌دار نبود (P = ۰/۲۱۹، F= ۱/۵۸۰). اثر اصلی هفته‌ها برای ظرفیت باقیمانده عملکردی معنی‌دار بود (P = ۰/۰۰۰، F= ۳۶/۱۳۸). اثر اصلی هفته‌ها برای میزان ظرفیت کل ریه معنی‌دار نبود (P = ۰/۲۷۰، F= ۱/۳۵۴).

نتیجه‌گیری: با توجه به ارتباط بین افزایش چربی‌های خون و بیماری کاهش فشار در غواصان، بنابراین می‌توان گفت که از مصرف رژیم غذایی پرچرب هم‌زمان و قبل از فعالیت غواصی خودداری کنند.

واژگان کلیدی: رژیم غذایی پرچرب، شاخص‌های ریوی، ظرفیت‌های ریوی، بیماری کاهش فشار، غواصی

مقدمه

غواصی فن شناوری در زیرآب با یا بدون وسایل تنفس مصنوعی اسکوبا است و علاوه بر اینکه کاربردهای صنعتی، پژوهشی، و نظامی دارد، برای ورزش و تفریح هم انجام می‌شود. امروزه ورزش غواصی و غواصی تفریحی به صورتی همگانی درآمده و به شکل گسترده‌ای در بسیاری از کشورهای جهان فعالیتی مفید، مفرح، لذت‌بخش و نیز منبع درآمد در صنعت اکو توریسم شده است. اگرچه غواصی در رده ایمن‌ترین فعالیت‌های تفریحی و ورزشی جهان به شمار می‌رود اما مبادرت به آن بدون دانش لازم و عدم رعایت استانداردهای غواصی می‌تواند کاری بسیار خطرناک باشد (۱).

بیماری کاهش فشار، بیماری شایع در غواصی است که به دلیل حباب‌های گازی شکل‌گرفته در خون و بافت‌های مختلف در اثر کاهش سریع فشار و بدون برنامه اتفاق می‌افتد و می‌تواند تهدیدکننده سلامتی غواص باشد (۲). در بیماری کاهش فشار نوع ۱ که به بیماری بیماری کاهش فشار خفیف نیز شناخته می‌شود، معمولاً در اطراف مفاصل و پوست ظاهر می‌شود که فقط همراه با درد است که ۳ ساعت پس از رسیدن به فشار اتمسفر مشاهده می‌شود، رگ‌های پوست توسط حباب‌های نیتروژن مسدود شده و منجر به اگزما و کهیرهایی به شکل آبله، لکه‌های آبی‌رنگ و خارش شدید پوستی و یا دردهای مفصلی که شامل تجمع حباب‌های نیتروژن در مفاصل

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: hmatinhomaee@gmail.com

شده و سبب بروز تورم و درد بسیار شدید و حتی ازکارافتادگی موقت یا دائم اندامی را در پی دارد (۳). در بیماری کاهش فشار نوع ۲ که به‌عنوان نوع شدید بیماری کاهش فشار شناخته می‌شود، ۵۰ دقیقه بعد از رسیدن به فشار اتمسفر بروز می‌کند که علاوه بر درد با علائم عصبی نیز همراه است که به نوروپاتی مغزی- عصبی در اثر تجمع حباب‌های نیتروژن در اطراف نخاع و سیستم عصبی اطلاق می‌شود که منجر به خستگی مفرط، سوزن سوزن شدن بدن، خواب‌رفتگی و بی‌حسی اندام، ازکارافتادگی مثانه، تاری دید، دردهای بسیار شدید دهان و دندان و حتی در انتها سبب مسدود شدن رگ‌های مغزی، همراه با درد بسیار شدید می‌شود که منجر به سکته مغزی و درنهایت مرگ می‌گردد (۳, ۴).

سیستم تنفسی انسان با فشار هوای تنفسی در سطح دریا سازگار شده است که در حدود ۱۰۱ کیلو پاسکال یا ۷۶۰ میلی‌متر جیوه است. غواصی در اعماق دریا بدن انسان را در شرایط محیطی پرفشاری قرار می‌دهد که فشار سهمی و همچنین فشار کلی گازها افزایش می‌یابد و چالش‌هایی را برای سیستم تنفسی ایجاد می‌کند (۵). به این دلیل آزمون عملکرد ریوی به‌عنوان آزمونی اجباری در ارزیابی‌های معمول پزشکی در مورد آمادگی جسمانی برای غواصی و به‌منظور تشخیص شرایطی که ممکن است خطر ابتلا به آسیب‌های ریه را درنتیجه غواصی افزایش دهد، ایجادشده است و وجود اختلالات انسدادی یا محدودکننده تهویه به‌عنوان عاملی برای منع غواصی شمرده می‌شود (۶). در مقاله‌ای مروری اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت غواصی بر عملکرد ریوی بررسی شد و نتایج نشان داد که غواصی در اعماق منجر به آسیب به برونکیول‌ها در غواصان می‌شود و کاهش عملکرد ریوی غواصان را تسریع می‌کند (۷).

علاوه بر این قرار گرفتن در محیط زیرآب که با افزایش فشار هیدرو استاتیک، چگالی و ترکیب گاز و افزایش تنفس ناشی از فعالیت ورزشی همراه است، کار عضلات تنفسی و خستگی را به‌شدت افزایش می‌دهد (۷). همچنین گزارش‌شده است که غواصی به دلیل وزن بالای تجهیزات، افزایش مقاومت در برابر حرکت و شرایط فعالیت ویژه، فعالیتی ورزشی سنگین محسوب می‌شود (۸). هیپوکسی، فعالیت بدنی و مقاومت آب در برابر حرکت فرد، به افزایش مصرف اکسیژن و انرژی بیشتر منتهی می‌شود (۹). همچنین بیان‌شده است که قرار گرفتن در معرض فشار زیاد، استرس روانی و فشار جسمانی بالایی را به ورزشکار وارد می‌کند (۱۰). در بسیاری از موارد این استرس روانی و فشار جسمانی، تصمیمات و عملکرد فرد را مختل کرده و خطرات بیماری کاهش فشار را بیشتر می‌کند (۱۱). به همین جهت، با توجه به این‌که خطرات ایجادشده برخی قابل پیش‌بینی و برخی به‌یک‌باره اتفاق می‌افتند، می‌توان برای آن دسته از خطرات احتمالی قابل پیش‌بینی، راه کارهایی در جهت کاهش وقوع و یا درمان آن در نظر گرفت. یکی از این راه‌کارها می‌تواند تأمین نیازهای تغذیه‌ای و مکملی غواصان باشد، زیرا همان‌طور که بیان شد این ورزش از دسته ورزش‌های بسیار سنگین و پرخطر است که نیاز به تأمین انرژی لازم و کافی جهت انجام غواصی با تمرکز بالا را می‌طلبد. در این راستا در تحقیقی به بررسی ملاحظات تغذیه‌ای در طی قرارگیری در معرض محیط‌های پرفشار و هیپوکسی پرداخته شد و با توجه به چالش محیطی که غواصان با آن مواجه هستند و در راستای ارتقای عملکرد ورزشی و سلامت آنان بیان شد که باید میزان کالری دریافتی غواصان را به ۴۴-۵۲ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در دقیقه افزایش یابد و این کار با افزایش مصرف چربی‌ها در رژیم غذایی قابل‌اجرا است (۱۲).

درمجموع و با توجه به نکات اشاره‌شده در ارتباط با تأثیر تغذیه بر عملکرد غواصان، و اینکه تغییرات در پاسخ برخی شاخص‌های ریوی می‌تواند وضعیت بیماری کاهش فشار در غواصان را تغییر دهد، این سؤال پیش می‌آید که آیا تمرینات ویژه غواصی (هوازی و بی‌هوازی) همراه با رژیم غذایی پرچرب می‌تواند بر برخی شاخص‌های ریوی مرتبط با بیماری کاهش فشار در غواصان مؤثر باشد؟ و بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی تأثیر تمرینات آمادگی ویژه غواصی همراه با رژیم غذایی پرچرب بر پاسخ برخی شاخص‌های ریوی مربوط به بیماری کاهش فشار در غواصان حرفه‌ای می‌باشد.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر از نوع مداخله‌ای نیمه تجربی با طرح پیش‌آزمون- پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری تحقیق حاضر را مردان غواص حرفه‌ای جزیره کیش تشکیل می‌دادند که ازاین‌بین تعداد ۲۴ آزمودنی سالم (حجم نمونه‌ای که توسط Byrne و همکاران پیشنهاد شد و عملکرد توانی ۸۰٪ جهت تشخیص تفاوت گروه‌ها در سطح ۰/۰۵ دارد) (۱۳)، که دارای مدرک غواصی یک یا دو ستاره بودند و همچنین فاقد هرگونه بیماری جسمانی و روانی بودند و سابقه مصرف هیچ‌گونه داروی خاص و مصرف سیگار، دخانیات، مواد مخدر و الکل را نداشتند، به‌صورت داوطلبانه و در دسترس انتخاب شدند.

در جلسه نخست، همه داوطلبین با حضور در جلسه هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش‌های اندازه‌گیری، تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسشنامه‌های سلامتی، یاد آمد ۲۴ ساعته رژیم غذایی و بررسی میزان چربی مصرفی، مورد معاینات پزشکی قرار گرفتند. به‌منظور همگن‌سازی گروه‌های موردمطالعه، یک هفته قبل از شروع تحقیق، برخی از ویژگی‌های فردی و آنتروپومتریک اندازه‌گیری شد (جدول ۱) و در رژیم غذایی مشابه بر اساس راهنمای غواصی در آب‌های آزاد قرار گرفتند (۱۰). سپس آزمودنی‌های داوطلب بر اساس شاخص‌های قد، وزن، سن، توده‌ی بدن و درصد چربی به‌طور تصادفی

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

در دو گروه تجربی (تمرین و تغذیه) (۱۲) و کنترل (تمرین) (۱۲) تقسیم شدند. بعد از گروه‌بندی، هر دو گروه به مدت ۱۲ هفته به تمرینات تخصصی غواصی پرداختند (۱۴) و گروه تجربی، رژیم غذایی پرچرب را بر اساس برنامه غذایی تجویزشده توسط متخصص تغذیه به مدت ۱۲ هفته دنبال کردند در حالی‌که گروه کنترل تنها تمرینات تخصصی را انجام داد و رژیم غذایی هفته قبل از شروع تحقیق که بر اساس راهنمای غواصی در آب‌های آزاد توصیه شده است با نظارت پزشک متخصص تغذیه داده شد (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فردی و آنتروپومتریک آزمودنی‌ها در گروه‌های تجربی و کنترل (n=۱۲) (انحراف معیار±میانگین)

	گروه	مرحله	
		پیش‌آزمون	پس‌آزمون
سن (سال)	تجربی	۲۴/۶۳±۲/۰۶	۲۴/۶۳±۲/۰۶
	کنترل	۲۳/۹۰±۲/۸۴	۲۳/۹۰±۲/۸۴
قد (سانتی‌متر)	تجربی	۱۷۴/۵±۴/۱۶	۱۷۴/۵±۴/۱۶
	کنترل	۱۷۶/۷۷±۲/۵۸	۱۷۶/۷۷±۲/۵۸
وزن (کیلوگرم)	تجربی	۷۴/۸۱±۳/۶۲	۷۱/۵۴±۳/۷۶
	کنترل	۷۸/۲۷±۳/۴۶	۷۴/۶۴±۳/۱۴
نمایه توده بدنی (کیلوگرم بر مترمربع)	تجربی	۲۴/۵۴±۰/۲۷	۲۳/۴۰±۰/۳۲
	کنترل	۲۵/۰۲±۰/۶۲	۲۳/۸۶±۰/۵۹
چربی بدن (درصد)	تجربی	۱۸/۹۵±۱/۱۱	۱۷/۶۲±۱/۰۱
	کنترل	۱۹/۳۸±۰/۸۷	۱۷/۹۸±۱/۰۵

جدول ۲- پروتکل تمرینی (۱۲ هفته، سه جلسه در هفته)

گروه	شیوه اعمال متغیر مستقل	هفته ۴-۱	هفته ۸-۵	هفته ۱۲-۹
تجربی	تمرینات هوازی و بی‌هوازی (شنا و دویدن) در دریا، استخر و خشکی¥	شدت کم عمق ۲۰ متر مدت ۲۰ دقیقه هوازی (۴۰٪ MHR)	افزایش شدت عمق ۲۰ متر مدت ۳۰ دقیقه هوازی (۶۵-۵۵٪ MHR)	شدت تثبیت شد عمق ۳۵ متر مدت ۳۰ دقیقه هوازی (۶۵٪ MHR) ۲۰-۱۰ دقیقه تمرین بی‌هوازی (۹۰-۸۵٪ MHR)
	رژیم غذایی پرچرب†	هفته اول (۴۰۰۰-۳۵۰۰ کالری در روز) هفته دوم (۴۳۰۰-۴۰۰۰ کالری در روز) هفته سوم (۴۵۰۰-۴۳۰۰ کالری در روز) هفته چهارم (۵۰۰۰-۴۵۰۰ کالری در روز)	هفته پنجم تا هشتم (۵۰۰۰ کالری در روز)	هفته نهم تا دوازدهم (۵۰۰۰ کیلوکالری در روز) در برخی روزه‌ها بسته به شرایط تمرین ۵۰۰+ کالری اضافه
کنترل	تمرینات هوازی و بی‌هوازی (شنا و دویدن) در دریا، استخر و خشکی	شدت کم عمق ۰۲ متر مدت ۲۰ دقیقه هوازی (۴۰٪ MHR)	افزایش شدت عمق ۲۰ متر مدت ۳۰ دقیقه هوازی (۶۵-۵۵٪ MHR)	شدت تثبیت شد عمق ۳۵ متر مدت ۳۰ دقیقه هوازی (۶۵٪ MHR) ۲۰-۱۰ دقیقه تمرین بی‌هوازی (۹۰-۸۵٪ MHR)

¥ برنامه ترمینات تخصصی غواصی بر اساس راهنمای Eichhorn و Leyk (۱۴)

† برنامه رژیم غذایی پرچرب بر اساس راهنمایی‌های Rus و Kaiter (۱۵) ، مشاوره با متخصص تغذیه و نیاز کالری نمونه‌های پژوهش تعیین شد.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جلسه فعالیت ورزشی غواصی حاد در عمق ۴۰ متری به مدت ۳۰ دقیقه قبل از شروع تمرینات، در جلسه اول در هفته ششم و ۷۲ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین در هفته ۱۲ صورت گرفت. کور سازی از نوع دوسو کور بود یعنی افراد موردمطالعه و ارزیاب از گروه‌بندی اطلاعی نداشت و تنها تحلیل‌گر اصلی اطلاع از نحوه قرارگیری افراد در گروه‌ها را داشت (۱۶). شاخص‌های ریوی شامل شامل حجم جاری، حجم ذخیره دمی، حجم ذخیره بازدمی، حجم باقیمانده، ظرفیت حیاتی، ظرفیت باقیمانده عملی و ظرفیت کل ریه ۱۵ دقیقه بعداز غوص زدن و حضور غواصان در قایق اندازه‌گیری شد (۱۰). آزمودنی‌ها روی نشیمنگاه قایق نشسته و پس از اتصال گیره بینی، قطعه دهانی دستگاه را داخل دهان قرار داده و پس از یک دم عمیق و بلافاصله باحداکثر فشار هوای بازدمی را از طریق سنسورهای دهانی خارج کردند. این آزمایش حداقل سه بار تکرار شده و بهترین رکورد به‌دست آمده ثبت می‌شد (۱۷). جهت سنجش شاخص‌های تنفسی از دستگاه اسپیرومتری قابل حمل BIONET مدل SPM7 سخت کشور آمریکا استفاده شد. جهت اعتماد دستگاه اسپیرومتری از شرایط استاندارسازی کارخانه سازنده استفاده شد و در جلسات آزمون با یک پمپ سه لیتری کالیبراسیون انجام گرفت. میانگین مقدار درصد پیش‌بینی شده هر یک از پارامترهای عملکردی ریه بر اساس سن، ورن، قد و چربی بدن به وسیله دستگاه اسپیرومتری محاسبه و برآورد گردید. جهت سنجش ضربان قلب و فشارخون از دستگاه نوار قلب همراه بیورر مدل ME80 ساخت کشور آلمان و برای سنجش ضربان قلب در حین تمرین از ضربان سنج پولار ساخت کشور دانمارک استفاده شد (۱۸, ۱۹). به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو ویلک استفاده شد. پس از مشخص شدن طبیعی بودن توزیع داده‌ها، به‌منظور تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس مکرر در سطح معناداری $P< ۰/۰۵$ در نرم‌افزار SPSS 23 صورت گرفت.

یافته‌ها

نتایج حاصل از آزمون آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر برای متغیر حجم جاری، حجم ذخیره دمی، حجم ذخیره بازدمی، حجم باقیمانده، ظرفیت حیاتی، ظرفیت باقیمانده عملی و ظرفیت کل ریه آزمودنی‌های تحقیق در جدول ۳ ارائه‌شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل واریانس برای متغیرهای وابسته تحقیق در گروه‌ها و مراحل مختلف تحقیق (انحراف معیار±میانگین)

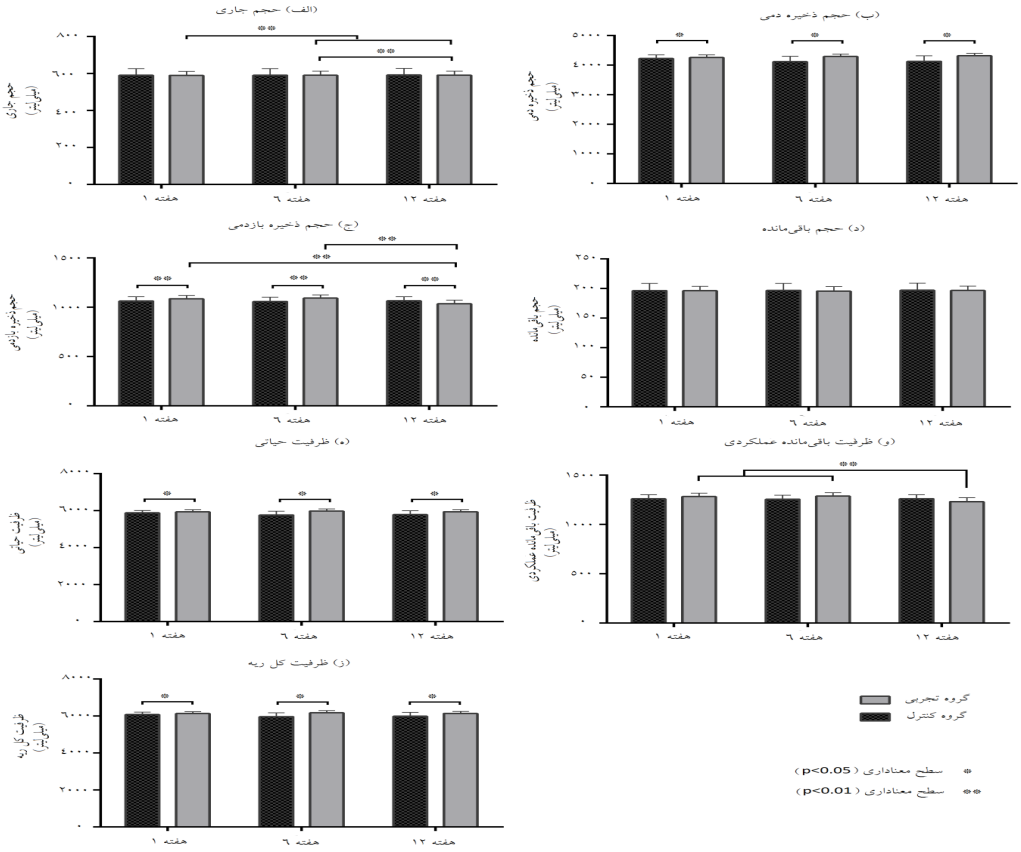
شاخص	گروه	مرحله تحقیق			F	معناداری
		هفته ۱	هفته ۶	هفته ۱۲		
حجم جاری (میلی‌لیتر)	تجربی	۵۹۰/۰۹ ± ۲۱/۹۷	۵۹۰/۷۳ ± ۲۲/۰۸	۵۹۱/۴۵ ± ۲۲/۴۷	۳۲/۱۳۲	۰/۰۰۰
	کنترل	۵۹۰/۹۰ ± ۳۶/۰۱	۵۹۱/۴۵ ± ۳۵/۸۱	۵۹۲/۰۹ ± ۳۵/۶۲		
حجم ذخیره دمی (میلی‌لیتر)	تجربی	۴۲۶۱/۳۶ ± ۸۴/۶۸	۴۲۹۲/۳۶ ± ۸۳/۵۰	۴۳۱۸/۱۸ ± ۸۲/۲۷	۱/۰۱۵	۰/۳۷۱
	کنترل	۴۲۲۹/۰۹ ± ۱۱۶/۸۳	۴۱۲۰/۰۰ ± ۱۸۳/۳۶	۴۱۳۲/۶۴ ± ۱۸۳/۲۷		
حجم ذخیره بازدمی (میلی‌لیتر)	تجربی	۱۰۸۶/۹۱ ± ۳۲/۸۲	۱۰۹۲/۶۴ ± ۳۳/۲۴	۱۰۳۵/۰۰ ± ۳۶/۴۲	۳۷/۶۱۲	۰/۰۰۰
	کنترل	۱۰۶۴/۴۵ ± ۴۳/۰۷	۱۰۵۹/۴۵ ± ۴۳/۶۱	۱۰۶۵/۱۸ ± ۴۲/۲۹		
حجم باقیمانده (میلی‌لیتر)	تجربی	۱۹۶/۳۶ ± ۷/۴۵	۱۹۵/۷۳ ± ۷/۷۶	۱۹۶/۷۳ ± ۷/۳۸	۱/۵۸۰	۰/۲۱۹
	کنترل	۱۹۶/۵۴ ± ۱۲/۰۴	۱۹۶/۹۱ ± ۱۱/۹۴	۱۹۷/۰۹ ± ۱۱/۸۹		
ظرفیت حیاتی (میلی‌لیتر)	تجربی	۵۹۳۸/۳۶ ± ۱۰۹/۲۶	۵۹۸۳/۸۲ ± ۱۱۱/۹۰	۵۹۴۴/۷۳ ± ۱۱۰/۷۸	۱/۳۷۵	۰/۲۶۵
	کنترل	۵۸۸۴/۴۵ ± ۱۲۴/۸۶	۵۷۷۱/۰۰ ± ۲۰۷/۵۳	۵۷۸۹/۹۱ ± ۲۰۷/۰۰		
ظرفیت باقیمانده عملکردی (میلی‌لیتر)	تجربی	۱۲۸۳/۲۷ ± ۳۳/۲۱	۱۲۸۸/۳۶ ± ۳۳/۴۷	۱۲۳۱/۷۳ ± ۳۹/۹۱	۳۶/۱۳۸	۰/۰۰۰
	کنترل	۱۲۶۱/۰۰ ± ۴۱/۳۰	۱۲۵۶/۴۵ ± ۴۱/۲۱	۱۲۶۲/۲۷ ± ۴۰/۴۲		
ظرفیت کل ریه (میلی‌لیتر)	تجربی	۶۱۳۴/۷۳ ± ۱۱۰/۲۶	۶۱۷۹/۵۴ ± ۱۱۲/۷۹	۶۱۴۱/۴۵ ± ۱۱۳/۶۰	۱/۳۵۴	۰/۲۷۰
	کنترل	۶۰۸۱/۰۰ ± ۱۲۹/۷۵	۵۹۶۸/۵۴ ± ۲۰۸/۲۳	۵۹۸۷/۰۰ ± ۲۰۷/۶۹		

نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی هفته‌ها (گذر زمان) در میزان حجم جاری معنی‌دار بود ($F= ۳۲/۱۳۲، P = ۰/۰۰۰$) و همچنین نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که میزان حجم جاری هفته ششم ($P = ۰/۰۰۰$) و دوازدهم ($P = ۰/۰۰۰$) به‌طور معنی‌داری نسبت به هفته اول افزایش معنی‌دار یافت. در هفته دوازدهم نیز حجم جاری به‌طور معنی‌داری بیشتر از هفته ششم بود ($P = ۰/۰۰۰$). اثر اصلی هفته‌ها بر میزان حجم ذخیره دمی معنی‌دار نبود ($F= ۱/۰۱۵، P = ۰/۳۷۱$). نتایج مقایسه

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

بین گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه بر میزان حجم ذخیره دمی معنی‌دار بود، به‌طوری‌که میزان حجم ذخیره دمی در گروه تجربی بیشتر از گروه کنترل بود (P=۰/۰۱۰، F= ۸/۲۸۹). اثر اصلی هفته‌ها (گذر زمان) برای میزان حجم ذخیره بازدمی معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰، F=۳۷/۶۱۲). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که میزان حجم ذخیره بازدمی در هفته ششم نسبت به هفته اول از تفاوت معنی‌داری برخوردار نبود (P=۰/۷۳۲). اما در هفته دوازدهم به‌طور معنی‌داری کمتر از هفته اول بود (P=۰/۰۰۰) در هفته دوازدهم نیز حجم ذخیره بازدمی به‌طور معنی‌داری کمتر از هفته ششم بود (P=۰/۰۰۰). نتایج مقایسه بین گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه برای این شاخص معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۱، F=۰/۲۷۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین حجم باقیمانده در گروه تجربی کمتر از گروه کنترل بود ولی معنادار نبود (P=۰/۰۸۷، F=۳/۱۱). اثر اصلی هفته‌ها برای میزان حجم باقیمانده معنی‌دار نبود (P=۰/۲۱۹، F=۱/۵۸۰).

در ظرفیت حیاتی اثر اصلی هفته‌ها برای میزان ظرفیت حیاتی معنی‌دار نبود (P=۰/۲۶۵، F=۱/۳۷۵). ازآنجاکه اختلافی بین اثر هفته‌ها مشاهده نشد، نیازی به آزمون تعقیبی نمی‌باشد. نتایج مقایسه بین گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه برای این شاخص معنی‌دار بود (P = ۰/۰۲۱، F= ۶/۲۶۰). مقایسه میانگین‌ها نشان داده است که میانگین ظرفیت حیاتی در گروه غذای پرچرب بیشتر از گروه غذای معمولی می‌باشد. اثر اصلی هفته‌ها برای ظرفیت باقیمانده عملی معنی‌دار بود (P=۰/۰۰۰، F=۳۶/۱۳۸). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که میزان ظرفیت باقیمانده عملی در هفته ششم نسبت به هفته اول از تفاوت معنی‌داری برخوردار نبود (P=۰/۰۰۱، F=۷/۸۸) اما در هفته دوازدهم به‌طور معنی‌داری کمتر از هفته اول بود (P=۰/۰۰۰، F=۹/۱۲) در هفته دوازدهم نیز ظرفیت باقی‌مانده عملی به‌طور معنی‌داری کمتر از هفته ششم بود (P=۰/۰۰۰، F= ۱۰/۱۴). نتایج مقایسه درون‌گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه برای این شاخص معنی‌دار نبود (P=۰/۶۲۶، F=۰/۲۴۶) اثر اصلی هفته‌ها برای میزان ظرفیت کل ریه معنی‌دار نبود (P=۰/۲۷۰، F= ۱/۳۵۴). ازآنجاکه اختلافی بین اثر هفته‌ها مشاهده نشد، نیازی به آزمون تعقیبی نمی‌باشد. نتایج مقایسه بین گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه نیز برای این شاخص معنی‌دار بود (P=۰/۰۲۳، F=۶/۰۱۸). درواقع میانگین ظرفیت کل ریه گروه تجربی به‌صورت معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل بود.



تصویر ۱. تغییرات شاخص‌های ریوی گروه‌های تجربی و کنترل در هفته‌های مختلف

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۱۲ هفته تمرینات هوازی- بی هوازی در آب و خشکی منجر به افزایش شاخص های ریوی شده ولی از نظر آماری معنادار نبود که یافته ها در گروه کنترل که تنها پروتکل تمرینی را انجام می داند مشهود است. اما در گروه تجربی که علاوه بر اجرای پروتکل تمرینی رژیم غذایی پرچرب داشتند در اکثر شاخص ها شاهد افزایش نسبی به ویژه در هفته دوازدهم بودیم. الگوی تغییرات حجم جاری در هفته‌های مختلف بستگی به نوع مداخله (غذای معمولی و غذای پرچرب) نداشته است ولی میزان حجم ذخیره دمی به‌طور معنی‌دار در گروه تجربی در هفته ششم و دوازدهم بیشتر از گروه کنترل بود. الگوی تغییرات در هفته ششم میزان حجم ذخیره بازدمی در گروه تجربی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل و در هفته دوازدهم کمتر از گروه کنترل بود. الگوی حجم باقیمانده در هفته‌های مختلف بستگی به نوع مداخله نداشته است. با توجه به به دلیل کاهش حجم ذخیره بازدمی در هفته دوازدهم نسبت به هفته ششم، می‌توان انتظار داشت که ظرفیت باقیمانده عملی نیز در این دوره کاهش یابد. ظرفیت حیاتی در هفته ششم و دوازدهم در گروه تجربی به‌طور معنی‌داری بیشتر از گروه غذای معمولی بود. ظرفیت کلی ریه در هفته ششم و دوازدهم به‌طور معنی‌داری در گروه تجربی بیشتر از گروه کنترل بود.

حجم جاری، حجم ذخیره دمی، حجم ذخیره بازدمی، حجم باقیمانده، ظرفیت حیاتی، ظرفیت باقیمانده عملی و ظرفیت کل ریه در گروه کنترل که تنها پروتکل تمرینی را انجام می‌داند با افزایش همراه بود ولی معنادار نبود. این نتایج بیانگر تحت تأثیر قرار نگرفتن این متغیرها به‌وسیله تمرین و نیز نوع و شدت تمرینات است. افزایش در متغیرهای عملکرد ریوی به دنبال تمرینات ورزشی در مطالعات متعددی گزارش‌شده است (۲۰, ۲۱). افزایش و یا بهبود عملکرد ریوی همراه با تمرینات ورزشی، بیشتر به کاهش مقاومت مجاری هوایی، افزایش قطر مجاری هوایی، تقویت عضلات تنفسی و خواص الاستیسیته ریه‌ها و قفسه سینه مربوط می‌شود (۲۲). افزایش سطوح پلاسمایی کورتیزول که به‌عنوان یک متسع کننده برونشی بسیار قوی و محرک تولید سورفکتانت در ریه‌ها می‌باشد، متعاقب تمرینات کلاسیک تکاوری گزارش‌شده است (۲۳). اما ازآنجایی‌که غواصان حاضر در تحقیق حرفه‌ای بودند و این تمرینات جزئی از تمرینات روزمره آن‌ها بود شاهد تغییرات زیادی در متغیرهای عملکرد ریوی نبودیم و مقدار افزایش نسبی در ۱۲ هفته هم احتمالاً به دلیل افزایش حجم و شدت تمرینات بوده است. در تحقیقات صورت گرفته در ورزشکاران حرفه‌ای نیز تغییر معناداری در شاخص‌های ریوی پس از دوره‌های تمرینی گزارش نشده است که با تحقیق حاضر همسو است (۲۴, ۲۵).

پرچرب تغییرات معناداری در میزان و ترکیب اسیدهای چرب مجود در سورفکتانت ریوی ایجاد نماید، که این امر به‌نوبه خود می‌تواند باعث تحریک سلول‌های اپیتلیال نوع دو کیسه‌های هوایی و درنتیجه افزایش سورفکتانت ریوی، که به‌عنوان یکی از عوامل درگیر در بهبود عملکرد ریوی، از طریق افزایش اندازه سلول‌های ریوی، تسهیل ارتباط سلول به سلول و کاهش کشش سطحی کیسه‌های هوایی گردد. از سوی دیگر سورفکتانت می‌تواند در قالب یک متسع کننده برونشی طاهر شده و از طریق افزایش قطر مجاری هوایی و کاهش مقاومت هوا منجر به افزایش حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی شود (۲۱, ۲۸). علاوه بر این غواصان در معرض چندین عامل خطر قرار می‌گیرند که عملکرد ریه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در طی غواصی ریه‌ها در معرض افزایش فشار سهمی اکسیژن، حباب‌های گازی وریدی که به دلیل استرس کاهش فشار ایجاد می‌شود، قرار می‌گیرند. این عوامل باعث ایجاد واکنش‌های التهابی در ریه می‌شود که اختلال در عملکرد ریه‌ها را در پی دارد (۲۹, ۳۰). در حین فعالیت غواصی فشار هیدرو استاتیک قفسه سینه باعث بار الاستیک دیواره قفسه سینه و به شکل معکوسی فشار تنفسی می‌شود (۳۱, ۳۲). علاوه بر این مکانیک سیستم ریوی در اثر تفاوت فشار بین بیرون قفسه سینه و هوای آلوئولی تغییر می‌کند (۳۱). استرس و بار استاتیک واردشده بر ریه به سیستم تنفسی فشار بیش‌ازحدی را وارد می‌کند زیرا عضلات تنفسی در طولی کمتر از حالت بهینه قرارگرفته و بنابراین توانایی آن را برای انقباض و ایجاد نیروی کافی برای تنفس، کاهش می‌دهد و این عمل کار تنفسی افزایش می‌دهد (۳۳, ۳۴). افزایش جریان خون به عضلات تنفسی افزایش متابولیسم آن را بازتاب می‌کند (۳۵). افزایش کار تنفس به دلیل غوطه‌وری در آب و افزایش چگالی گازهای تنفسی منجر به تقویت عضلات تنفسی و افزایش ظرفیت حیاتی ریه‌ها می‌شود (۳۶, ۳۷). دراین‌ارتباط مطالعات مقطعی نشان داده‌اند که غواصان ریه‌های بزرگ‌تری نسبت به میزان پیش‌بینی‌شده دارا می‌باشند (۳۸, ۳۹). در تحقیقات ارتباط مثبتی را بین افزایش ظرفیت حیاتی اجباری (FVC) و غواصی تا سن ۳۰ سالگی را گزارش کردند که با کاهش در این شاخص با افزایش سن، باوجود ادامه فعالیت غواصی، همراه بود (۴۰).

میزان انتقال گازها در خون و رسیدن به بافت‌ها، به میزان جریان خون و ظرفیت خون برای حمل گاز بستگی دارد. میزان حلالیت نیتروژن در چربی تقریباً ۵ برابر بیشتر از آب می‌باشد و بنابراین غلظت بالای چربی در خون می‌تواند نیتروژن بیشتری را حمل کند (۴۱). این ظرفیت بالا برای حمل نیتروژن توسط چربی خون می‌تواند برداشت و اشباع بافت‌ها توسط نیتروژن را تسریع نموده و روند ایجاد حباب در جریان خون را تسهیل کند و بنابراین احتمال بیماری کاهش فشار را افزایش می‌دهد (۴۲). افزایش مصرف چربی در رژیم

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

غذایی (رژیم غذایی پرچرب) با افزایش چربی‌های خون همراه است و ترکیب این عامل با افزایش برخی از شاخص‌های تنفسی در غواصان، احتمال بیماری کاهش فشار را افزایش می‌دهد. بیان‌شده است افرادی که مصرف رژیم غذایی پرچرب داشتند، چربی خون بیشتری را دارا بودند که با افزایش حباب‌های جریان خون و ریسک بیشتری برای بیماری کاهش فشار همراه بود (۶).

محدودیت‌ها، نقاط قوت و ضعف مطالعه حاضر می‌توان به بدیع بودن این مطالعه در غواصان حرفه‌ای و مصرف رژیم غذایی معمول غواصان در جنوب کشور که همراه ب رژیم پرچرب است اشاره کرد، اما زمان محدود مطالعه به دلیل در اختیار نداشتن فضا و امکانات برای مدت طولانی‌تر جهت هفته‌های تمرینی بیشتر و مرد بودن تمام آزمودنی‌ها که تعمیم به‌کل جامعه با مشکل مواجه می‌کند از نقاط ضعف این مطالعه بود. ازآنجاکه عوامل روانی می‌تواند در افزایش شاخص‌های قلبی- عروقی و متعاقب آن ریوی تأثیرگذار باشد؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود نقش عوامل مذکور نیز در تحقیقات در نظر گرفته شود. از محدودیت‌های مطالعه حاضر سردی هوا بود که به اجبار شاخص‌های ریوی در غواصان با لباس مخصوص غواصی ارزیابی شد که ممکن است بر عملکرد ریوی غواصان تأثیر کمی برجای گذارد که امید است در مطالعات آینده این نکات در نظر گرفته شود.

به طورکلی نتایج تحقیق حاضر نشان‌دهنده تأثیر منفی رژیم غذایی پرچرب بر سازگاری برخی از شاخص‌های تنفسی ناشی از تمرین غواصی در غواصان حرفه‌ای می‌باشد. همچنین با توجه به ارتباط بین افزایش چربی‌های خون و بیماری کاهش فشار در این افراد، می‌توان گفت که غواصان از مصرف رژیم غذایی پرچرب هم‌زمان و قبل از فعالیت غواصی خودداری کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه دکتری فیزیولوژی قلب- عروق است که توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم تحقیقات با کد IR.IAU.SRB.REC.1398.097 تأییدشده است. بدین‌وسیله از کلیه افرادی که در فرایند پژوهش ما را یاری کردند، تقدیر و تشکر می‌کنیم.

تعارض

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

References

1. Pyle RL. Advanced technical diving. Mesophotic Coral Ecosystems: Springer; 2019. p. 959-72. [Scopus]

2. Cooper JS, Hanson KC. Decompression Sickness (DCS, Bends, Caisson Disease). StatPearls [Internet]: StatPearls Publishing; 2019.

3. Vann RD, Denoble PJ, Howle LE, Weber PW, Freiberger JJ, Pieper CF. Resolution and severity in decompression illness. Aviation, space, and environmental medicine. 2009;80(5):466-71. [PubMed]

4. Lairez O, Cournot M, Minville V, Roncalli J, Austruy J, Elbaz M, et al. Risk of neurological decompression sickness in the diver with a right-to-left shunt: literature review and meta-analysis. Clinical Journal of Sport Medicine. 2009;19(3):231-5. [PubMed]

5. Bove AA. Diving medicine. American journal of respiratory and critical care medicine. 2014;189(12):1479-86.

6. Arieli R. Fatty diet, active hydrophobic spots, and decompression sickness. Diving and hyperbaric medicine. 2018;48(3):197. [PubMed]

7. Tetzlaff K, Thomas PS. Short-and long-term effects of diving on pulmonary function. European Respiratory Review. 2017;26(143):160-65.

8. Bosco G, Paoli A, Camporesi E. Aerobic demand and scuba diving: concerns about medical evaluation. Diving Hyperb Med. 2014;44(2):61-3. [PubMed]

9.Perović A, Unić A, Dumić J. Recreational scuba diving: negative or positive effects of oxidative and cardiovascular stress? Biochemia medica: Biochemia medica. 2014;24(2):235-47.

10. Lindholm P, Nyrén S. Studies on inspiratory and expiratory glossopharyngeal breathing in breath-hold divers employing magnetic resonance imaging and spirometry. European journal of applied physiology.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

2005;94(5-6):646-51. [PubMed]

11. SHahali H, KHademi A. Hyperventilation in Military Aviation and Diving. Annals of Military and Health Sciences Research. 2012;10(4):339 - 43.

12. Deb SK, Swinton PA, Dolan E. Nutritional considerations during prolonged exposure to a confined, hyperbaric, hyperoxic environment: recommendations for saturation divers. Extreme physiology & medicine. 2016;5(1):1. [PubMed]

13. Byrne JE, Stergiou N, Blanke D, Houser JJ, Kurz MJ, Hageman PA. Comparison of gait patterns between young and elderly women: an examination of coordination. Perceptual and motor skills. 2002;94(1):265-80. [PubMed]

14. Eichhorn L, Leyk D. Diving medicine in clinical practice. Deutsches Ärzteblatt International. 2015;112(9):147. [PubMed]

15. Rus S, Kaiter E-H, editors. Theoretical and Practical Study on Divers' Diet During Their Training Practice. International conference Knowledge-Based Organization; 2017: De Gruyter Open.

16. Akarca US, Ersoz G, Gunsar F, Karasu Z, Saritas E, Yuce G, et al. Interferon-lamivudine combination is no better than lamivudine alone in anti-HBe-positive chronic hepatitis B. Antiviral therapy. 2004;9(3):325-34. [PubMed]

17. Zrane A, Abedelmalek S, Tabka Z. Effect of 16 weeks diving practice at two different times of day on the pulmonary function, spirometry measurements and 6-minute walk test data of healthy professional Tunisian scuba divers. Biological Rhythm Research. 2018;49(4):581-96.

18. Jafari M, Teimori GK, S, Assilian-Mahabadi H. Investigation the relationship between heat strain score index and physiological parameters among open pit miners. Safety Promotion and Injury Prevention.3(4):213-22.

19. Taheri M, Mirmoezzi M, Sabbaghi M. Effects of Aquatic on Balance and Preventing of Fall among Healthy Elderly Men. Safety Promotion and Injury Prevention. 2018;6(3):144-51.

20.Mickleborough TD, Murray RL, Ionescu AA, Lindley MR. Fish oil supplementation reduces severity of exercise-induced bronchoconstriction in elite athletes. American journal of respiratory and critical care medicine. 2003;168(10):1181-89.

21. Tartibian B, Maleki BH, Abbasi A. The effects of omega-3 supplementation on pulmonary function of young wrestlers during intensive training. Journal of Science and Medicine in Sport. 2010;13(2):281-6.

22. Sobhani V, Hajizadeh B, Bazgir B, Kazemipour M, Shamsodini A, Shakibaey A. Effect of 8-week omega-3 supplementation on pulmonary function during classic army ranger training. Feyz Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2014;17(6): 25.

23. Makras P, Koukoulis GN, Bourikas G, Papatheodorou G, Bedevis K, Menounos P, et al. Effect of 4 weeks of basic military training on peripheral blood leucocytes and urinary excretion of catecholamines and cortisol. Journal of sports sciences. 2005;23(8):825-34.

24. Hulke SM, Res M. Effect of endurance training on lung function: a longitudinal study. Int J Biol Med Res. 2011;2(1):443-6.

25. Kippelen P, Caillaud C, Robert E, Connes P, Godard P, Prefaut C. Effect of endurance training on lung function: a one year study. British journal of sports medicine. 2005;39(9):617-21.

26. Wood LG, Garg ML, Gibson PG. A high-fat challenge increases airway inflammation and impairs bronchodilator recovery in asthma. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2011;127(5):1133-40. [PubMed]

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

27. Rosenkranz SK, Townsend DK, Steffens SE, Harms CA. Effects of a high-fat meal on pulmonary function in healthy subjects. European journal of applied physiology. 2010;109(3):499-506. [Scopus]

28. Sharifan S, Vakili J, Sari-Sarraf V, Rasoulpour J, Gharani H. The Effect of 8-Week Aerobic Exercise and Consumption of Omega-3 Supplement on Pulmonary Function in Obese Men. Razi Journal of Medical Sciences. 2018;25(7):27-37.

29. Hlastala MP, Robertson HT, Ross BK. Gas exchange abnormalities produced by venous gas emboli. Respiration physiology. 1979;36(1):1-17. [Scopus]

30. Neuman T, Spragg R, Wagner P, Moser K. Cardiopulmonary consequences of decompression stress. Respiration physiology. 1980;41(2):143-53. [Scopus]

31. Lundgren C. Respiratory function during simulated wet dives. Undersea biomedical research. 1984;11(2):139-147.

32. Lutz PL, Lutcavage ME. Diving physiology. The Biology of Sea Turtles, Volume I: CRC Press; 2017. p. 291-310.

33. Braun N, Arora NS, Rochester DF. Force-length relationship of the normal human diaphragm. Journal of Applied Physiology. 1982;53(2):405-12.

34. Fogarty MJ, Mantilla CB, Sieck GC. Breathing: motor control of diaphragm muscle. Physiology. 2018;33(2):113-26.

35. Isojunno S, Aoki K, Curé C, Kvadsheim PH, Miller PJOM. Breathing patterns indicate cost of exercise during diving and response to experimental sound exposures in long-finned pilot whales. Frontiers in physiology. 2018;9:1462. [PubMed]

36. Davey I, Cotes J, Reed J. Relationship of ventilatory capacity to hyperbaric exposure in divers. Journal of Applied Physiology. 1984;56(6):1655-58. [PubMed]

37. Poolpol P, Sithisarankul P, Rattananupong T. Lung function change in hyperbaric chamber inside attendants. International Maritime Health. 2019;70(2):125-31.

38. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Kjuus H. Lung function over six years among professional divers. Occupational and environmental medicine. 2002;59(9):629-33.

39. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T. Lung function over the first 3 years of a professional diving career. Occupational and environmental medicine. 2000;57(6):390-5.

40. Crosbie W, Reed J, Clarke M. Functional characteristics of the large lungs found in commercial divers. Journal of Applied Physiology. 1979;46(4):639-45. [PubMed]

41. Curry TB, Lundgren CE. Nitrogen Washout During a Fatty Meal While Breathing Nitrogen-Free Gas at Sea Level. Aviation, space, and environmental medicine. 2011;82(7):725-8. [PubMed]

42. Simanonok J, Matos L. Do Variations In Plasma Lipids And Hematocrit Cause Variability In Nitrogen Uptake And Elimination Kinetics? Annual Scientific Meeting held. 1993;7(10):258-61.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.