

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

Reza Hosseini ¹  , Hasan Matin Homaei ^{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:** hmatinhomaei@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 ($F = 1.375$, $P = 0.026$) 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 Homaei 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.

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 تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

۲- دانشکده علوم ورزشی و تربیت بدنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

۳- دانشکده علوم ورزشی و تربیت بدنی، 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 شاخص های ریوی مربوط به بیماری کاهش فشار در غواصان حرفه ای بود.

روش بررسی: ۲۲ غواص حرفه ای به طور 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 آزمودنی های گروه کنترل به مدت ۱۲ هفته فقط به تمرینات آمادگی پرداختند. حجم ها و ظرفیت های ریوی پیش از شروع تمرینات، بعد از هفته ششم و دوازدهم مورد سنجش قرار گرفتند. با مجوزهای لازم و کسب رضایت آگاهانه از شرکت کنندگان و محرمانه بودن اطلاعات حاصله، زیر نظر کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم تحقیقات مطالعه انجام گرفت. داده ها با استفاده از آنالیز واریانس مکرر در سطح معناداری $P < 0.05$ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته ها: نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی هفته ها (گذر زمان) در میزان حجم جاری معنی دار بود ($F = 32/132, P = 0/000$) ولی اثر اصلی هفته ها بر میزان حجم ذخیره دمی معنی دار نبود ($F = 1/015, P = 0/371$). اثر اصلی هفته ها برای میزان حجم ذخیره بازدمی معنی دار بود ($F = 37/612, P = 0/000$). اثر اصلی هفته ها برای میزان ظرفیت حیاتی معنی دار نبود ($F = 1/265, P = 0/375$). اثر اصلی هفته ها برای میزان حجم باقیمانده معنی دار نبود ($F = 1/580, P = 0/219$). اثر اصلی هفته ها برای ظرفیت باقیمانده عملکردی معنی دار بود ($F = 36/138, P = 0/000$). اثر اصلی هفته ها برای میزان ظرفیت کل ریه معنی دار نبود ($F = 1/354, P = 0/270$).

نتیجه گیری: با توجه به ارتباط بین افزایش چربی های خون و بیماری کاهش فشار در غواصان، بنابراین می توان گفت که از مصرف رژیم غذایی پرچرب هم زمان و قبل از فعالیت غواصی خودداری کنند.

واژگان کلیدی: رژیم غذایی پرچرب، شاخص های ریوی، ظرفیت های ریوی، بیماری کاهش فشار، غواصی

مقدمه

می تواند کاری بسیار خطرناک باشد (۱).

بیماری کاهش فشار، بیماری شایع در غواصی است که به دلیل حباب های گازی شکل گرفته در خون و بافت های مختلف در اثر کاهش سریع فشار و بدون برنامه اتفاق می افتد و می تواند تهدید کننده سلامتی غواص باشد (۲). در بیماری کاهش فشار نوع ۱ که به بیماری بیماری کاهش فشار خفیف نیز شناخته می شود، معمولاً در اطراف مفاصل و پوست ظاهر می شود که فقط همراه با درد است که ۳ ساعت پس از رسیدن به فشار اتمسفر مشاهده می شود، رگ های پوست توسط حباب های نیتروژن مسدود شده و منجر به اغزما و کپیرهایی به شکل آبله، لکه های آبی رنگ و خارش شدید پوستی و یا دردهای مفصلی که شامل تجمع حباب های نیتروژن در مفاصل

غواصی فن شناوری در زیر آب با یا بدون وسایل تنفس مصنوعی اسکوبا است و علاوه بر اینکه کاربردهای صنعتی، پژوهشی، و نظامی دارد، برای ورزش و تفریح هم انجام می شود. امروزه ورزش غواصی و غواصی تفریحی به صورتی همگانی درآمده و به شکل گسترده ای در بسیاری از کشورهای جهان فعالیت می فید، مفرح، لذت بخش و نیز منبع درآمد در صنعت اکو توریسم شده است. اگرچه غواصی در رده ایمن ترین فعالیت های تفریحی و ورزشی جهان به شمار می رود اما مبادرت به آن بدون دانش لازم و عدم رعایت استانداردهای غواصی

درمان آن در نظر گرفت. یکی از این راه کارها می تواند تأمین نیازهای تغذیه ای و مکملی غواصان باشد، زیرا همان طور که بیان شد این ورزش از دسته ورزش های بسیار سنگین و پرخطر است که نیاز به تأمین انرژی لازم و کافی جهت انجام غواصی با تمرکز بالا را می طلبد. در این راستا در تحقیقی به بررسی ملاحظات تغذیه ای در طی قرارگیری در معرض محیط های 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 چربی ها در رژیم غذایی قابل اجرا است (۱۲).

درمجموع و با توجه به نکات اشاره شده در ارتباط با تأثیر تغذیه بر عملکرد غواصان، و اینکه تغییرات در پاسخ برخی شاخص های ریوی می تواند وضعیت بیماری کاهش فشار در غواصان را تغییر دهد، این سؤال پیش می آید که آیا تمرینات ویژه غواصی (هوازی و بی هوازی) همراه با رژیم غذایی پرچرب می تواند بر برخی شاخص های 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 شاخص های ریوی مربوط به بیماری کاهش فشار در غواصان حرفه ای می باشد.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر از نوع مداخله ای نیمه تجربی با طرح پیش آزمون-پس آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری تحقیق حاضر را مردان غواص حرفه ای جزیره کیش تشکیل می دادند که از این بین تعداد ۲۴ آزمودنی سالم (حجم نمونه ای که توسط Byrne و همکاران پیشنهاد شد و عملکرد توانی ۸۰٪ جهت تشخیص تفاوت گروه ها 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 هیچ گونه داروی خاص و مصرف سیگار، دخانیات، مواد مخدر و الکل را نداشتند، به صورت داوطلبانه و در دسترس انتخاب شدند.

در جلسه نخست، همه داوطلبین با حضور در جلسه هماهنگی و پس از شرح کامل اهداف و روش های اندازه گیری، تکمیل فرم رضایت آگاهانه و پرسشنامه های سلامتی، یاد آمد ۲۴ ساعته رژیم غذایی و بررسی میزان چربی مصرفی، مورد معاینات پزشکی قرار گرفتند. به منظور همگن سازی گروه های مورد مطالعه، یک هفته قبل از شروع تحقیق، برخی از ویژگی های فردی و آنتروپومتریک اندازه گیری شد (جدول ۱) و در رژیم غذایی مشابه بر اساس راهنمای غواصی در آب های آزاد قرار گرفتند (۱۰). سپس آزمودنی های داوطلب بر اساس شاخص های قد، وزن، سن، توده بدن و درصد چربی به طور تصادفی

شده و سبب بروز تورم و درد بسیار شدید و حتی از کارافتادگی موقت یا دائم اندامی را در پی دارد (۳). در بیماری کاهش فشار نوع ۲ که به عنوان نوع شدید بیماری کاهش فشار شناخته می شود، ۵۰ دقیقه بعد از رسیدن به فشار اتمسفر بروز می کند که علاوه بر درد با علائم عصبی نیز همراه است که به نوروپاتی مغزی-عصبی در اثر تجمع حباب های نیتروژن در اطراف نخاع و سیستم عصبی اطلاق می شود که منجر به خستگی مفرط، سوزن سوزن شدن بدن، خواب رفتگی و بی حسی اندام، از کارافتادگی مثنانه، تاری دید، دردهای بسیار شدید دهان و دندان و حتی در انتها سبب مسدود شدن رگ های مغزی، همراه با درد بسیار شدید می شود که منجر به سکته مغزی و در نهایت مرگ می گردد (۳، ۴).

سیستم تنفسی انسان با فشار هوای تنفسی در سطح دریا سازگار شده است که در حدود ۱۰۱ کیلو پاسکال یا ۷۶۰ میلی متر جیوه است. غواصی در اعماق دریا بدن انسان را در شرایط محیطی پرفشاری قرار می دهد که فشار سهمی و همچنین فشار کلی گازها افزایش می یابد و چالش هایی را برای سیستم تنفسی ایجاد می کند (۵). به این دلیل آزمون عملکرد ریوی به عنوان آزمونی اجباری در ارزیابی های معمول پزشکی در مورد آمادگی جسمانی برای غواصی و به منظور تشخیص شرایطی که ممکن است خطر ابتلا به آسیب های ریه را در نتیجه غواصی افزایش دهد، ایجاد شده است و وجود اختلالات انسدادی یا محدود کننده تهویه به عنوان عاملی برای منع غواصی شمرده می شود (۶). در مقاله ای مروری اثرات کوتاه مدت و بلند مدت غواصی بر عملکرد ریوی بررسی شد و نتایج نشان داد که غواصی در اعماق منجر به آسیب به برونکیول ها در غواصان می شود و کاهش عملکرد ریوی غواصان را تسریع می کند (۷).

علاوه بر این قرار گرفتن در محیط زیر آب 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 به شدت افزایش می دهد (۷). همچنین گزارش شده است که غواصی به دلیل وزن بالای تجهیزات، افزایش مقاومت در برابر حرکت و شرایط فعالیت ویژه، فعالیتی ورزشی سنگین محسوب می شود (۸). هیپوکسی، فعالیت بدنی و مقاومت آب در برابر حرکت فرد، به افزایش مصرف اکسیژن و انرژی بیشتر منتهی می شود (۹). همچنین بیان شده است که قرار گرفتن در معرض فشار زیاد، استرس روانی و فشار جسمانی بالایی را به ورزشکار وارد می کند (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 می کند (۱۱). به همین جهت، با توجه به این که خطرات ایجاد شده برخی قابل پیش بینی و برخی به یکباره اتفاق می افتند، می توان برای آن دسته از خطرات احتمالی قابل پیش بینی، راه کارهایی در جهت کاهش وقوع و یا

در دو گروه تجربی (تمرین و تغذیه) (۱۲) و کنترل (تمرین) (۱۲) تقسیم شدند. بعد از گروه بندی، هر دو گروه به مدت ۱۲ هفته به تمرینات تخصصی غواصی پرداختند (۱۴) و گروه تجربی، رژیم غذایی پرچرب را بر اساس برنامه غذایی تجویز شده توسط متخصص تغذیه

به مدت ۱۲ هفته دنبال کردند در حالی که گروه کنترل تنها تمرینات تخصصی را انجام داد و رژیم غذایی هفته قبل از شروع تحقیق که بر اساس راهنمای غواصی در آب های آزاد توصیه شده است با نظارت پزشک متخصص تغذیه داده شد (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی های فردی و آنتروپومتریک آزمودنی ها در گروه های تجربی و کنترل (n=۱۲) (انحراف معیار± میانگین)

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

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

گروه	شیوه اعمال متغیر مستقل	هفته ۱-۴	هفته ۵-۸	هفته ۹-۱۲
تجربی	تمرینات هوازی و بی هوازی (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 بی هوازی (۸۵-۹۰٪ MHR)
کنترل	تمرینات هوازی و بی هوازی (شنا و دویدن) در دریا، استخر و خشکی	هفته اول (۴۰۰-۳۵۰ کالری در روز) هفته دوم (۴۳۰-۴۰۰ کالری در روز) هفته سوم (۴۵۰-۴۳۰ کالری در روز) هفته چهارم (۵۰۰-۴۵۰ کالری در روز)	هفته پنجم تا هشتم (۵۰۰ کالری در روز)	هفته نهم تا دوازدهم (۵۰۰ کالری در روز) در برخی روزها بسته به شرایط تمرین ۵۰۰+ کالری اضافه

۴ برنامه تمرینات تخصصی غواصی بر اساس راهنمای Leyk و (۱۴)

۴ برنامه رژیم غذایی پرچرب بر اساس راهنمایی های Rus و Kaite (۱۵) ، مشاوره با متخصص تغذیه و نیاز کالری نمونه های پژوهش تعیین شد.

آزمون با یک پمپ سه لیتری کالیبراسیون انجام گرفت. میانگین مقدار درصد پیش‌بینی شده هر یک از پارامترهای عملکردی ریه بر اساس سن، وزن، 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 تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس مکرر در سطح معناداری $P < 0.05$ 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 ارائه شده است.

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 مورد مطالعه و ارزیاب از گروه‌بندی اطلاعی نداشت و تنها تحلیل‌گر اصلی اطلاع از نحوه قرارگیری افراد در گروه‌ها را داشت (۱۶). شاخص‌های ریوی شامل حجم جاری، حجم ذخیره دمی، حجم ذخیره بازدمی، حجم باقیمانده، ظرفیت حیاتی، ظرفیت باقیمانده عملی و ظرفیت کل ریه ۱۵ دقیقه بعد از غوص زدن و حضور غواصان در قایق اندازه‌گیری شد (۱۰). آزمودنی‌ها روی نشیمنگاه قایق نشستند و پس از اتصال گیره بینی، قطعه دهانی دستگاه را داخل دهان قرار داده و پس از یک دم عمیق و بلافاصله با حداکثر فشار هوای بازدمی را از طریق سنسورهای دهانی خارج کردند. این آزمایش حداقل سه بار تکرار شده و بهترین رکورد به دست 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 استاندارد سازی کارخانه سازنده استفاده شد و در جلسات

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 (میلی لیتر)	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 (میلی لیتر)	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 (میلی لیتر)	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 (میلی لیتر)	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 (میلی لیتر)	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 (میلی لیتر)	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 (میلی لیتر)	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		

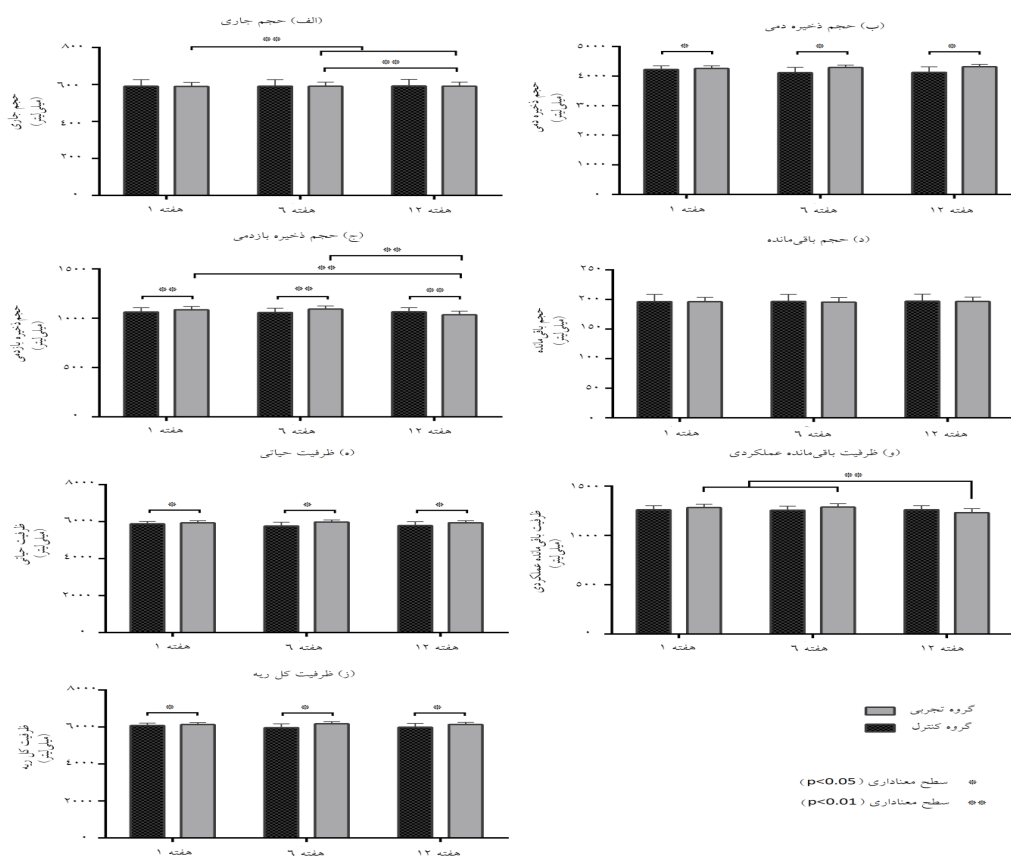
($P = 0.000$) به‌طور معنی‌داری نسبت به هفته اول افزایش معنی‌دار یافت. در هفته دوازدهم نیز حجم جاری به‌طور معنی‌داری بیشتر از هفته ششم بود ($P = 0.000$). اثر اصلی هفته‌ها بر میزان حجم ذخیره دمی معنی‌دار نبود ($F = 1.015, P = 0.371$). نتایج مقایسه

نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس با اندازه‌گیری مکرر نشان داد که اثر اصلی هفته‌ها (گذر زمان) در میزان حجم جاری معنی‌دار بود ($F = 32.132, P = 0.000$) و همچنین نتایج آزمون بونفرونی نشان داد که میزان حجم جاری هفته ششم ($P = 0.000$) و دوازدهم

مقایسه بین گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه برای این شاخص معنی دار بود ($F=۶/۲۶۰, P=۰/۰۲۱$). مقایسه میانگین ها نشان داده است که میانگین ظرفیت حیاتی در گروه غذای پرچرب بیشتر از گروه غذای معمولی می باشد. اثر اصلی هفته ها برای ظرفیت باقیمانده عملی معنی دار بود ($F=۳۶/۱۳۸, P=۰/۰۰۰$). نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که میزان ظرفیت باقیمانده عملی در هفته ششم نسبت به هفته اول از تفاوت معنی داری برخوردار نبود ($P=۰/۰۰۱$), اما در هفته دوازدهم به طور معنی داری کمتر از هفته اول بود ($F=۷/۸۸, P=۰/۰۰۰$) در هفته دوازدهم نیز ظرفیت باقی مانده عملی به طور معنی داری کمتر از هفته ششم بود ($P=۰/۰۰۰, P=۰/۰۱۴$). نتایج مقایسه درون گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه برای این شاخص معنی دار نبود ($F=۰/۲۴۶, P=۰/۶۲۶$) اثر اصلی هفته ها برای میزان ظرفیت کل ریه معنی دار نبود ($F=۱/۳۵۴, P=۰/۲۷۰$). از آنجاکه اختلافی بین اثر هفته ها مشاهده نشد، نیازی به آزمون تعقیبی نمی باشد. نتایج مقایسه بین گروهی نشان داد که اثر اصلی گروه نیز برای این شاخص معنی دار بود ($F=۶/۰۱۸, P=۰/۰۲۳$). در واقع میانگین ظرفیت کل ریه گروه تجربی به صورت معنی داری بیشتر از گروه کنترل بود.

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

در ظرفیت حیاتی اثر اصلی هفته ها برای میزان ظرفیت حیاتی معنی دار نبود ($F=۱/۳۷۵, P=۰/۲۶۵$). از آنجاکه اختلافی بین اثر هفته ها مشاهده نشد، نیازی به آزمون تعقیبی نمی باشد. نتایج



تصویر ۱. تغییرات شاخص های ریوی گروه های تجربی و کنترل در هفته های مختلف

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 دادند 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 هفته های مختلف بستگی به نوع مداخله (غذای معمولی و غذای پرچرب) نداشته است ولی میزان حجم ذخیره دمی به طور معنی دار 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 به طور معنی داری بیشتر از گروه کنترل و در هفته دوازدهم کمتر از گروه کنترل بود. الگوی حجم باقیمانده در هفته های مختلف بستگی به نوع مداخله نداشته است. با توجه به به دلیل کاهش حجم ذخیره بازدمی در هفته دوازدهم نسبت به هفته ششم، می توان انتظار داشت که ظرفیت باقیمانده عملی نیز در این دوره کاهش یابد. ظرفیت حیاتی در هفته ششم و دوازدهم در گروه تجربی به طور معنی داری بیشتر از گروه غذای معمولی بود. ظرفیت کلی ریه در هفته ششم و دوازدهم به طور معنی داری 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 می دادند با افزایش همراه بود ولی معنادار نبود. این نتایج بیانگر تحت تأثیر قرار نرفتن این متغیرها به وسیله تمرین و نیز نوع و شدت تمرینات است. افزایش در متغیرهای عملکرد ریوی به دنبال تمرینات ورزشی در مطالعات متعددی گزارش شده 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 ریه ها و قفسه سینه مربوط می شود (۲۲). افزایش سطوح پلاسمایی کورتیزول که به عنوان یک متسع کننده برونشی بسیار قوی و محرک تولید سورفکتانت در ریه ها می باشد، متعاقب تمرینات کلاسیک تکاوری گزارش شده است (۲۳). اما از آنجایی که غواصان حاضر در تحقیق حرفه ای 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 حرفه ای نیز تغییر معناداری در شاخص های ریوی پس از دوره های تمرینی گزارش نشده است که با تحقیق حاضر همسو است (۲۴، ۲۵).

پرچرب تغییرات معناداری در میزان و ترکیب اسیدهای چرب موجود در سورفکتانت ریوی ایجاد نماید، که این امر به نوبه خود می تواند باعث تحریک سلول های اپیتلیال نوع دو کیسه های هوایی و در نتیجه افزایش سورفکتانت ریوی، که به عنوان یکی از عوامل درگیر در بهبود عملکرد ریوی، از طریق افزایش اندازه سلول های ریوی، تسهیل ارتباط سلول به سلول و کاهش کشش سطحی کیسه های هوایی گردد. از سوی دیگر سورفکتانت می تواند در قالب یک متسع کننده برونشی ظاهر شده و از طریق افزایش قطر مجاری هوایی و کاهش مقاومت هوا منجر به افزایش حجم ها و ظرفیت های ریوی شود (۲۱، ۲۸). علاوه بر این غواصان در معرض چندین عامل خطر قرار می گیرند که عملکرد ریه را تحت تأثیر قرار می دهد. در طی غواصی ریه ها در معرض افزایش فشار سهمی اکسیژن، حباب های گازی وریدی که به دلیل استرس کاهش فشار ایجاد می شود، قرار می گیرند. این عوامل باعث ایجاد واکنش های التهابی در ریه می شود که اختلال در عملکرد ریه ها 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 می شود (۳۱، ۳۲). علاوه بر این مکانیک سیستم ریوی در اثر تفاوت فشار بین بیرون قفسه سینه و هوای آلوئولی تغییر می کند (۳۱). استرس و بار استاتیک وارد شده بر ریه به سیستم تنفسی فشار بیش از حدی را وارد می کند زیرا عضلات تنفسی در طولی کمتر از حالت بهینه قرار گرفته و بنابراین توانایی آن را برای انقباض و ایجاد نیروی کافی برای تنفس، کاهش می دهد و این عمل کار تنفسی افزایش می دهد (۳۳، ۳۴). افزایش جریان خون به عضلات تنفسی افزایش متابولیسم آن را بازتاب می کند (۳۵). افزایش کار تنفس به دلیل غوطه وری در آب و افزایش چگالی گازهای تنفسی منجر به تقویت عضلات تنفسی و افزایش ظرفیت حیاتی ریه ها می شود (۳۶، ۳۷). در این ارتباط مطالعات مقطعی نشان داده اند که غواصان ریه های بزرگ تری نسبت به میزان پیش بینی شده دارا می باشند (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 بافت ها، به میزان جریان خون و ظرفیت خون برای حمل گاز بستگی دارد. میزان حلالیت نیتروژن در چربی تقریباً ۵ برابر بیشتر از آب می باشد و بنابراین غلظت بالای چربی در خون می تواند نیتروژن بیشتری را حمل کند (۴۱). این ظرفیت بالا برای حمل نیتروژن توسط چربی خون می تواند برداشت و اشباع بافت ها توسط نیتروژن را تسريع نموده و روند ایجاد حباب در جریان خون را تسهیل کند و بنابراین احتمال بیماری کاهش فشار را افزایش می دهد (۴۲). افزایش مصرف چربی در رژیم

در مطالعات آینده این نکات در نظر گرفته شود. به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان دهنده تأثیر منفی رژیم غذایی پرچرب بر سازگاری برخی از شاخص های تنفسی ناشی از تمرین غواصی در غواصان حرفه ای می باشد. همچنین با توجه به ارتباط بین افزایش چربی های خون و بیماری کاهش فشار در این افراد، می توان گفت که غواصان از مصرف رژیم غذایی پرچرب هم زمان و قبل از فعالیت غواصی خودداری کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان نامه دکتری فیزیولوژی قلب- عروق است که توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم تحقیقات با کد IR.IAU.SRB.REC.1398.097 تأیید شده است. بدین وسیله از کلیه افرادی که در فرایند پژوهش ما را یاری کردند، تقدیر و تشکر می کنیم.

تعارض

بین نویسندگان هیچ گونه تعارضی در منافع وجود ندارد.

غذایی (رژیم غذایی پرچرب) با افزایش چربی های خون همراه است و ترکیب این عامل با افزایش برخی از شاخص های تنفسی در غواصان، احتمال بیماری کاهش فشار را افزایش می دهد. بیان شده است افرادی که مصرف رژیم غذایی پرچرب داشتند، چربی خون بیشتری را دارا بودند که با افزایش حباب های جریان خون و ریسک بیشتری برای بیماری کاهش فشار همراه بود (۶).

محدودیت ها، نقاط قوت و ضعف مطالعه حاضر می توان به بدیع بودن این مطالعه در غواصان حرفه ای 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 طولانی تر جهت هفته های تمرینی بیشتر و مرد بودن تمام آزمودنی ها که تعمیم به کل جامعه با مشکل مواجه می کند از نقاط ضعف این مطالعه بود. از آنجا که عوامل روانی می تواند در افزایش شاخص های قلبی- عروقی و متعاقب آن ریوی تأثیر گذار باشد؛ بنابراین، پیشنهاد می شود نقش عوامل مذکور نیز در تحقیقات در نظر گرفته شود. از محدودیت های مطالعه حاضر سردی هوا بود که به اجبار شاخص های ریوی در غواصان با لباس مخصوص غواصی ارزیابی شد که ممکن است بر عملکرد ریوی غواصان تأثیر کمی برجای گذارد که امید است

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, Freiburger 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.

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, Abdelmalek 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. [\[PubMed\]](#)

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.