

بررسی تأثیر هایپوکسی بر توجه انتخابی و زمان واکنش خلبانان نظامی در شبیه‌ساز پروازی اتاق ارتفاع

حمیدرضا محسن‌زاده^۱، پرویز دباغی^۲، *رضا اسلامی^۳، مهدی گرایلی^۴

چکیده

مقدمه: هایپوکسی یک خطر بالقوه در امر هوانوردی بوده و عدم توجه به آن باعث خطرات جانی و مالی فراوان می‌شود. یکی از مهمترین اثرات هایپوکسی کاهش کارایی ذهنی است. بر همین اساس هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر هایپوکسی بر جنبه‌های روانشناختی هایپوکسی (توجه انتخابی و زمان واکنش خلبانان) و همچنین تغییرات ضربان قلب و میزان اکسیژن خون در شبیه‌ساز پروازی اتاق ارتفاع بود.

روش بررسی: به همین منظور تعداد ۵۳ نفر از خلبانان مراجعه‌کننده به اتاق ارتفاع مرکز فیزیولوژی هوایی نیروی هوایی ارتش به صورت تصادفی طی مدت حدود ۱۰ ماه وارد مطالعه شدند. در ابتدا پروتکل مطالعه به افراد توضیح داده شد. مقادیر درصد اشباع اکسیژن خون شریانی و تعداد ضربان قلب و آزمون رایانه‌ای استروپ در شرایط عادی (کلاس) به عمل آمد و نتایج آنان ثبت گردید. سپس در شرایط هایپوکسی (ارتفاع ۲۵ هزار پایی) مجدداً همان موارد کنترل، ثبت و سپس مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که هایپوکسی باعث افزایش زمان واکنش و میزان ضربان قلب و کاهش میزان توجه انتخابی و کاهش میزان اکسیژن خون شریانی در خلبانان می‌شود که این موارد از نظر آماری معنادار بود.

بحث و نتیجه‌گیری: هایپوکسی می‌تواند زمان واکنش خلبانان را طولانی‌تر و نیز توجه انتخابی آنان را دچار اختلال کند و حلقه‌های بروز سوانح را تسریع و تکمیل نماید و اهمیت این موضوع در هواپیماهای شکاری که معمولاً در آنها برخلاف هواپیماهای ترابری یک یا دو نفر هواپیما را کنترل و هدایت می‌کنند چندین برابر است. بنابراین آموزش عملی هایپوکسی در اتاق ارتفاع و اهمیت به جنبه‌های روان شناختی آن می‌تواند نقش مهمی در شناخت صحیح و به موقع هایپوکسی و ایمنی پروازها داشته باشد.

کلمات کلیدی: هایپوکسی، زمان واکنش، توجه، پرواز، نظامیان، طب هوا-فضا

(سال بیستم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷، مسلسل ۶۳)

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۹

فصلنامه علمی پژوهشی ابن سینا / اداره بهداشت، امداد و درمان نهجا

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۱۸

۱. کارشناس ارشد روان‌شناسی بالینی، تهران، ایران، دانشگاه

علوم پزشکی آجا، دانشکده طب هوا فضا و زیرسطحی

۲. استادیار، تهران، ایران، دانشگاه علوم پزشکی آجا،

دانشکده پزشکی، گروه بهداشت

۳. استادیار، تهران، ایران، دانشگاه علوم پزشکی آجا،

دانشکده طب هوا فضا و زیرسطحی (* مؤلف مسئول)

rezaeslami7@yahoo.com

۴. دانشجوی دکتری فیزیولوژی، تهران، ایران، دانشگاه علوم

پزشکی بقیه الله(ع)

مقدمه

انسان همواره از بدو خلقت در پی کشف علل پدیده‌ها و ناشناخته‌های هستی بوده و از دیر باز آرزوی قدم نهادن به هوا و حتی فضا را داشته است از این رو پس از مطالعات و فعالیت‌های زیاد سرانجام در قرن گذشته موفق گردید که به این آرزوی دیرینه خود جامه عمل بپوشاند. اما در پروازهای اولیه که نسبت به آنچه که امروز پرواز نامیده می‌شود بسیار ابتدایی صورت می‌گرفته با مسائل و مشکلات عدیده‌ای روبرو گردید [۱].

چون انسان موجودی زمینی است و از نظر وضعیت بدنی، طی اعصار و قرون با شرایط زمین خو گرفته و عملکرد همه ارگانهایش در تطابق با ارتفاعات نزدیک به سطح دریا است، لذا منطقه‌ای که به آن هوا و سپس فضا اطلاق می‌شود محیطی است نامانوس و در تعارض با فیزیولوژی بشر. مثلاً در ارتفاع ۱۲ تا ۱۵ هزار پایی اثرات هایپوکسی بر دستگاه عصبی به ویژه برای کسانی که عادت به آن آب و هوا ندارند، به طور فزاینده ناتوان کننده خواهد بود و علائمی مثل خواب آلودگی، اختلال در قضاوت، خطاهای مبهم مکرر در مهارتهای پرواز آشکار می‌شود [۲].

از آنجایی که تأثیرات ناشی از هایپوکسی می‌تواند با اختلال در عملکرد روانی سبب بروز سانحه و مرگ شود، آموزش کارکنان پروازی جهت آشنایی با علائم هایپوکسی در اتاقک کم فشار (اتاق ارتفاع) در سراسر دنیا الزامی است.

سوانح ناخوشایند و کشنده پروازی که به علت هایپوکسی روی می‌دهند، بسیار پرهزینه بوده و به طور قابل توجهی می‌تواند از بروز آنها پیشگیری نمود. بنابراین افزایش و بالارفتن فهم و شناخت هایپوکسی در حین پرواز، ممکن است واسطه‌ای برای افزایش ایمنی کارکنان پروازی گردد [۱].

سلامت روان و جسم شرط اول هوانوردی و فضانوردی است با تأملی به مسائل پیش گفته، شخصی که از نظر روانی دارای سلامتی کامل و آمادگی نباشد قطعاً شرایط لازم برای مواجهه با سختیهای ناشی از پرواز را نداشته و قادر به اداره امور

پرواز نیست. از اینرو روانشناسی و فیزیولوژی هوایی اهمیت خاصی پیدا نموده و همه تلاش سیستم‌های پزشکی هوایی بر آن است تا درانتخاب و به کارگیری افراد حرفه‌ای پروازی دو مقوله سلامت فکر و جسم را مد نظر قرار داده و دائماً در تأمین و تقویت آنها نظارت مستمری داشته باشد. از جمله نکات قابل توجه و مهم در روان شناسی پرواز، «زمان واکنش» و «توجه انتخابی» خلبان است که نقش بسیار مهمی در سلامت و ایمنی پروازها دارد.

توجه انتخابی به قابلیت پردازش اطلاعات و داده‌های مرتبط در حین رد کردن داده‌های غلط یا بی ربط گفته می‌شود. برجسته‌ترین ویژگی توجه، توانایی انتخاب یک محرک و یا جنبه‌های خاصی از محرکهای موجود، از میان طیف گسترده‌ای از اطلاعات و محرکهای پیرامون است. پس از انتخاب، محرک دارای اولویت پردازش می‌شود و به طور هم زمان از ورود محرکهای دیگر و یا جنبه‌های دیگر محرکهای رقیب ممانعت به عمل می‌آید. همچنین زمان واکنش شاخص دقیقی برای سرعت و کارایی تصمیم‌گیری است و به مدت زمان سپری شده بین ارائه محرک حسی و پاسخ رفتاری پس از آن گفته می‌شود. زمان واکنش به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها نوع محرک، شدت محرک، تعداد محرک، محل و موقعیت محرک هستند. همچنین خستگی ذهنی و فیزیکی فرد هم بر زمان واکنش تأثیر منفی دارد [۳].

در پژوهشی که در رابطه با تأثیر ارتفاع بر زمان واکنش انجام شد مشخص گردید که زمان واکنش افراد شرکت کننده پس از یک ساعت قرارگیری در ارتفاع ۳۶۰۰ متری افزایش معناداری یافت. اما در ارتفاع ۲۸۰۰ متری با ۹۰٪ اشباع اکسیژن افراد هموگلوبین هیچ گونه کاهش عملکردی دیده نشد [۴]. در زمان هایپوکسی، توانایی ادراکی خلبانها به تدریج کاهش می‌یابد که این موضوع مهم توسط یافته‌های آزمایشات فیزیولوژیکی مورد تأیید قرار گرفته است [۵]. توانایی توجه انتخابی به یک منبع اطلاعاتی خاص در یک محیط پیچیده در فعالیت‌هایی مثل پرواز بسیار مهم است. در واقع آزمونی برای

توجه انتخابی در انتخاب خلبانان نیروی هوایی برخی کشورها ایجاد شده است [۶].

اگر چه توجه انتخابی مؤثر برای پرواز کردن لازم است ولی اگر جنبه نامناسبی از تکلیف انتخاب شده باشد، نتایج متفاوتی بدست می‌آید. ویکنز^۱ مثالی را از یک حادثه خطوط هوایی شرق بیان می‌کند که در آن به خاطر عدم توجه، خدمه هواییما عملکرد مناسبی نداشته‌اند و به کاهش ارتفاع توجه نمودند که منجر به وقوع سانحه گردید [۷]. بر این اساس هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر هایپوکسی بر جنبه‌های روانشناختی هایپوکسی (توجه انتخابی و زمان واکنش خلبانان) و همچنین تغییرات ضربان قلب و میزان اکسیژن خون در شبیه‌ساز پروازی اتاق ارتفاع بود.

روش بررسی

در یک تحقیق نیمه آزمایشی از نوع پیش‌آزمون - پس‌آزمون از بین تمامی خلبانان مراجعه کننده به اتاق ارتفاع جهت آموزش و تجربه هایپوکسی (طی هفته‌های مختلف) ۵۳ نفر به صورت تصادفی وارد مطالعه شدند.

در این پژوهش جهت سنجش زمان واکنش و توجه انتخابی از آزمون رایانه‌ای رنگ - واژه «استروپ» استفاده شد. این آزمون اولین بار در سال ۱۹۳۵ توسط رایدلی به منظور اندازه‌گیری توجه انتخابی و انعطاف پذیری شناختی ساخته شد. در این آزمون، فاصله ارائه محرک ۸۰۰ میلی ثانیه و مدت زمان ارائه هر یک از محرکها ۱۰۰۰ میلی ثانیه انتخاب شده است. این آزمون باید در مکان آرام و زمانی مناسب اجرا شود و شرایط اجرای آزمایش از نظر روانسنجی رعایت شود. پژوهش‌های انجام گرفته پیرامون این آزمون بیانگر اعتبار و روایی مناسب در سنجش بازیابی در بزرگسالان و کودکان است. آزمایشگر با نشان دادن صفحه نمایش به آزمودنی اعلام می‌کند شکلی با رنگهای قرمز، زرد و سبز و آبی روی صفحه نمایش به طور پی در پی نشان داده می‌شود، آزمودنی باید با

کلیک کردن روی کلیدهای مشخص شده رنگ صحیح را با حداکثر سرعت مشخص کند. پس از اجرای این قسمت که به منظور آشنایی فرد با فرایند اجرای این آزمون است، در قسمت اصلی آزمون به فرد گفته می‌شود که به شما کلمات رنگی نشان داده می‌شود که باید تنها روی رنگ صحیح نشان داده شده، پاسخ دهند. ناهمخوانی رنگ با معنای کلمه باعث ایجاد تداخل در انتخاب پاسخ می‌شود (آزمون ناهمخوان). بیش از ۷۰۰ مقاله منتشر شده که جنبه‌هایی از پدیده استروپ را آزمایش کرده‌اند. در بسیاری از مقالات، اثرات استروپ، کانون کوشش‌های تئوریک برای فهم طبیعت توجه انسان بوده است [۸]. شاخصهای سنجیدنی در این آزمون عبارتند از تعداد و سرعت (زمان واکنش) پاسخهای صحیح در برابر محرک بر اساس هزارم ثانیه.

در این پژوهش خلبانان پس از توجیه و آشنایی با آزمون استروپ، آن را هم در شرایط عادی (کلاس) و هم زمان هایپوکسی انجام دادند. آزمودنی‌های به منظور تجربه هایپوکسی در شبیه‌ساز پروازی اتاق ارتفاع، پس از نیم ساعت نیتروژن‌زدایی و صعود به ارتفاع ۲۵ هزار پایی در حالی که به وسیله دستگاه پالس‌اکسیمتر نبض و میزان اکسیژن شریانی آنها در حضور استاد داخلی پرواز کنترل می‌شد ماسک اکسیژن خود را جدا نموده و مشغول تنفس هوای ۲۵ هزار پایی شدند و زمانی که میزان اکسیژن شریانی آنها به ۹۰٪ رسید شروع به انجام آزمون استروپ نمودند.

به منظور تجزیه و تحلیل یافته‌های تحقیق در ابتدا جهت توزیع پراکندگی متغیرهای کمی از آزمون کولموگروف - اسمیروف استفاده شد و در مورد متغیرهای با توزیع غیرنرمال از آزمونهای غیرپارامتری استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه بین متغیرهای کمی استفاده شد. از آزمون کای اسکوار برای مقایسه متغیرهای کیفی، از آزمون تی زوجی (و یا ویل کاکسون) و تی مستقل (و یا من ویتنی) جهت مقایسه داده‌های کمی به ترتیب برای بررسی‌های درون گروهی و بین

جدول ۱- فراوانی مطلق و نسبی علائم در زمان هایپوکسی

علائم	تعداد	درصد
مور مور	۱۸	۳۳/۹۶٪
گرما	۱۳	۲۴/۵۲٪
سرگیجه	۱۱	۲۰/۷۵٪
سنگینی	۱۱	۲۰/۷۵٪
تاری دید	۹	۱۶/۹۸٪
سرما	۴	۷/۵۵٪
تپش قلب	۳	۵/۶۶٪
تهوع	۱	۱/۸۹٪
سردرد	۱	۱/۸۹٪
سبکی	۱	۱/۸۹٪
تنگی نفس	۱	۱/۸۹٪
بی حسی	۱	۱/۸۹٪
دلشوره	۱	۱/۸۹٪

۹۳۳±۱۳۹/۲ (دامنه ۷۳۹-۱۵۶۱) میلی ثانیه برای آزمون همخوان و ناهمخوان رسید. آزمون تی زوجی اختلاف معنی داری بین دو میانگین زمان واکنش بین حالت عادی و حالت پرواز هم در آزمون همخوان ($p=0/008$) و هم در آزمون ناهمخوان ($p=0/001$) نشان داد. (جدول ۲)

نمره تداخل و زمان تداخل از ملاکهای سنجش توجه انتخابی در آزمون استروپ هستند. نمره تداخل که حاصل تفریق تعداد سؤالات صحیح در آزمون ناهمخوان از تعداد سؤالات صحیح در آزمون همخوان است، در دو حالت بررسی شد. هر چه این عدد بزرگتر باشد نشاندهنده کاهش پاسخ صحیح در آزمون ناهمخوان (که نیاز به تمرکز بیشتری دارد) است. میانگین نمره تداخل در حالت عادی ۰/۳ (دامنه ۰-۲) الی ۶) و در حالت پرواز ۱ (دامنه ۰-۲) الی ۶) بود. آزمون آماری ویلکاکسون اختلاف معنی داری بین دو نمره تداخل بین دو حالت عادی و پرواز نشان داد ($p=0/009$). (جدول ۲)

گروهی استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیلها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد و در تمامی آزمونها مقدار p کمتر از ۰/۰۵ به عنوان معنادار تلقی گردید.

یافته‌ها

میانگین مقدار ساعت پروازی شرکت کنندگان در مطالعه ۱۰۰۰/۸ ساعت بود. حداقل مقدار ۵۰ ساعت و حداکثر ۵۸۰۰ ساعت پروازی داشتند که کمترین ساعات پرواز مربوط به دانشجویان خلبانی و حداکثر ساعت پرواز مربوط به خلبانان قدیمی تر بود.

میانگین مدت زمان هایپوکسی $4/5 \pm 1$ دقیقه بود. افراد مورد مطالعه حداقل ۲/۲ دقیقه و حداکثر ۸ دقیقه تحت شرایط ارتفاع ۲۵ هزار پایی علائم هایپوکسی خود را دریافت نمودند. براساس جدول زمان هوشیاری مفید^۱ به صورت میانگین افراد بین ۳ الی ۵ دقیقه علائم هایپوکسی دریافت می کنند که این اختلاف به دلیل تفاوت در وضعیت جسمانی و آمادگی های خلبانان در زمان تجربه هایپوکسی است که می تواند از روزی نسبت به روز دیگر متغیر باشد. زمان هوشیاری مفید در ارتفاع ۲۲ هزارپایی ۱۰ دقیقه و در ارتفاع ۳۰ هزار پایی ۱ الی ۲ دقیقه به صورت متوسط است.

در زمان تجربه هایپوکسی خلبانان علائم مختلفی را تجربه نمودند که شایعترین علامت مور مور شدن بدن و علائمی مانند تهوع، سردرد، سبکی سر، تنگی نفس، بی حسی اندامها، دلشوره هر کدام فقط یک مورد در طول تحقیق دیده شد. تشخیص علائم هشداردهنده هایپوکسی در ابتدای حمله نیاز به توجه دقیق دارد. (جدول ۱)

میانگین زمان پاسخ در حالت عادی (کلاس) در آزمون همخوان $847/2 \pm 92/8$ (دامنه ۶۸۱-۱۱۳۴) میلی ثانیه و در آزمون ناهمخوان $885/7 \pm 109/6$ (دامنه ۷۰۳-۱۲۰۷) میلی ثانیه بود. در هنگام پرواز (هایپوکسی) میانگین زمان پاسخ به ترتیب به $906/7 \pm 116/2$ (دامنه ۶۹۳-۱۲۶۸) میلی ثانیه و

1. Time of useful consciousness

جدول ۲- نتایج آزمون استروپ در دو حالت عادی و هایپوکسی

متغیر	حالت عادی					زمان هایپوکسی				
	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای استاندارد	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	خطای استاندارد	انحراف معیار
زمان آزمایش	۳۲	۵۴	۴۰/۳	۰/۶	۴/۵	۳۳	۸۹	۴۷/۸	۱/۸	۱۳/۲
تعداد خطا	۰	۲	۰/۳	۰/۱	۰/۶	۰	۱۱	۰/۵	۰/۲	۱/۶
تعداد بدون پاسخ	۰	۲	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰	۳۹	۴/۸	۱/۴	۱۰/۴
تعداد صحیح	۴۶	۴۸	۴۷/۵	۰/۱	۰/۷	۸	۴۸	۴۲/۶	۱/۵	۱۰/۷
زمان پاسخ	۶۸۱	۱۱۳۴	۸۴۷/۲	۱۲/۷	۹۲/۸	۶۹۳	۱۲۶۸	۹۰۶/۷	۱۶	۱۱۶/۲
زمان آزمایش	۳۳	۵۹	۴۲/۲	۰/۸	۵/۵	۳۵	۹۲	۴۹/۵	۱/۹	۱۳/۹
تعداد خطا	۰	۵	۰/۵	۰/۱	۱	۰	۱۴	۰/۹	۰/۳	۲/۱
تعداد بدون پاسخ	۰	۲	۰/۲	۰/۱	۰/۴	۰	۴۲	۵/۴	۱/۶	۱۱/۴
تعداد صحیح	۴۲	۴۸	۴۷/۳	۰/۲	۱/۳	۵	۴۸	۴۱/۷	۱/۶	۱۱/۷
زمان پاسخ	۷۰۳	۱۲۰۷	۸۸۵/۷	۱۵/۱	۱۰۹/۶	۷۳۹	۱۵۶۱	۹۳۳	۱۹/۱	۱۳۹/۲
میانگین زمان پاسخ همخوان و ناهمخوان	۶۹۲/۵	۱۱۳۵/۵	۸۶۶/۴	۱۳/۶	۹۸/۸	۷۱۸/۵	۱۴۱۴/۵	۹۱۹/۹	۱۷/۲	۱۲۵/۱
نمره تداخل	-۲	۶	۰/۳	۰/۲	۱/۳	-۲	۶	۱	۰/۲	۱/۸
زمان تداخل	-۲۵	۲۶۶	۳۸/۵	۶/۴	۴۶/۴	-۸۳	۲۹۳	۲۶/۳	۷/۶	۵۵/۶

آزمون همخوان به ۴/۸ (دامنه صفر تا ۳۹) و در آزمون ناهمخوان به ۵/۴ (دامنه صفر تا ۴۲) رسید که این اختلاف بین دو حالت عادی و پرواز هم در آزمون همخوان ($p < 0/001$) و هم در آزمون ناهمخوان معنی‌دار بود ($p < 0/001$).

همچنین تعداد پاسخ صحیح در حالت عادی در آزمون همخوان ۴۷/۵ (دامنه ۴۸-۴۶) و در آزمون ناهمخوان ۴۷/۳ (دامنه ۴۸-۴۲) بود که در هنگام پرواز کاهش چشمگیری در تعداد پاسخ صحیح به وجود آمد به طوری که در آزمون همخوان به ۴۲/۶ (دامنه ۴۸-۸) و در آزمون ناهمخوان به ۴۱/۷ (دامنه ۴۸-۵) رسید. این اختلاف بین حالت عادی و پرواز از نظر آماری هم در آزمون همخوان ($p < 0/001$) و هم در آزمون ناهمخوان ($p < 0/001$) معنی‌دار بود (جدول ۲).

میانگین زمان پاسخ به سوالات (زمان واکنش) در حالت عادی (کلاس) در آزمون همخوان $847/2 \pm 92/8$ (دامنه ۱۱۳۴-۶۸۱) میلی‌ثانیه و در آزمون ناهمخوان $885/7 \pm 109/6$ (دامنه ۱۲۰۷-۷۰۳) میلی‌ثانیه بود. در هنگام پرواز (هایپوکسی) میانگین زمان پاسخ به ترتیب به $906/7 \pm 116/2$ (دامنه ۱۲۶۸-۶۹۳) میلی‌ثانیه و $933 \pm 139/2$ (دامنه ۱۵۶۱-۷۳۹) میلی‌ثانیه برای آزمون همخوان و ناهمخوان رسید. آزمون تی زوجی اختلاف معنی‌داری بین دو میانگین زمان واکنش بین حالت عادی و حالت پرواز هم در آزمون همخوان ($p = 0/008$) و هم در آزمون ناهمخوان ($p = 0/001$) نشان داد. (جدول ۲)

زمان انجام آزمون استروپ در حالت عادی (کلاس) در آزمون همخوان ۴۰/۳ ثانیه و در آزمون ناهمخوان ۴۲/۲ ثانیه بود. در هنگام پرواز (هایپوکسی) این زمان به ترتیب به ۴۷/۸ و ۴۹/۵ ثانیه برای آزمون همخوان و ناهمخوان رسید. آزمون ویل‌کاکسون اختلاف معنی‌داری بین دو میانگین زمان آزمون استروپ در حالت عادی و حالت پرواز هم در آزمون همخوان ($p < 0/001$) و هم در آزمون ناهمخوان ($p < 0/001$) نشان داد. (جدول ۲)

پاسخ به گزینه‌ها در سه متغیر تعداد خطا، تعداد بدون پاسخ و تعداد صحیح بررسی شد. تعداد خطا در حالت عادی (کلاس) در آزمون همخوان حداقل صفر و حداکثر ۲ سؤال (میانگین ۰/۳) و در آزمون ناهمخوان حداقل صفر و حداکثر ۵ سؤال (میانگین ۰/۵) بود. در هنگام پرواز (هایپوکسی) تعداد خطا به ترتیب به ۰/۵ (دامنه صفر تا ۱۱ خطا) و ۰/۹ (دامنه صفر تا ۱۴ خطا) برای آزمون همخوان و ناهمخوان رسید. اگر چه دامنه میزان بروز خطا در هنگام پرواز افزایش داشت، ولی آزمون ویل‌کاکسون اختلاف معنی‌داری بین دو میانگین تعداد خطا بین حالت عادی و حالت پرواز هم در آزمون همخوان ($p = 0/480$) و هم در آزمون ناهمخوان ($p = 0/231$) نشان نداد.

اما تعداد سوالات بدون پاسخ در حالت عادی در آزمون همخوان ۰/۱ (دامنه صفر تا ۲) و در آزمون ناهمخوان ۰/۲ (دامنه صفر تا ۲) بود که در حالت پرواز با افزایش چشمگیری در

در بررسی که به منظور تأثیر هایپوکسی بر یادگیری انجام شد مشخص گردید که در زمان هایپوکسی یادگیری انجام وظایف جدید^۱ دچار اختلال می‌گردد. همچنین زمان واکنش به انتخاب گزینه^۲ و هماهنگی بین عملیات چشمی — دستی دچار نقصان می‌شود [۹، ۱۰].

با توجه به بروز تدریجی علائم هایپوکسی، خلبان باید بتواند مراحل مختلف آن را تشخیص داده تا درمقابل با آن واکنش به موقع و مناسب نشان دهد. تشخیص هر چه سریعتر علائم هایپوکسی (قبل از بروز ناتوانی) باعث افزایش و بهبود عملکرد می‌شود [۹].

همچنین در تحقیقی که در رابطه با تغییرات زمان واکنش در شرایط هایپوکسی انجام شد نتایج حاکی از آن بود که اختلاف مشخصی در نتیجه آزمون K-D در شرایط هایپوکسی نسبت آزمون پایه (با قدرت ۹۵٪) به وجود آمد که این تغییر می‌تواند ناشی از تأثیر هایپوکسی بر زمان واکنش باشد که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشت [۱۱].

در پژوهشی که در رابطه با تأثیر هایپوکسی بر زمان واکنش انجام شد مشخص گردید که زمان واکنش افراد شرکت کننده پس از یک ساعت قرارگیری در ارتفاع ۱۱۸۱۱ پای (۳۶۰۰ متری) افزایش معناداری یافت [۱۲] که با نتایج به دست آمده تحقیق ما مطابقت دارد.

با استفاده از آزمون‌های شناختی (زمان واکنش، مقایسه الگوی، تعویض کد، حافظه) که در زمینه هایپوکسی انجام شد مشخص گردید که قرار گرفتن در معرض ارتفاع، باعث نقصان در حافظه کوتاه مدت و افزایش زمان واکنش می‌گردد که این نتایج نیز با تحقیق ما در این زمینه همخوانی دارد. بررسی‌ها همچنین نشان داد افرادی که هایپوکسی مزمن هایپوباریک را تجربه کرده بودند تعدادی از مناطق مغزشان (شیارهای مغزی پیرامیدوتالاموس) دچار کاهش فعالیت شده و همچنین میزان عملکرد آنها در انجام کارهای پیچیده شناختی (حافظه فعال) در

میانگین میزان ضربان قلب افراد مورد مطالعه در حالت عادی $78/1 \pm 9/6$ (دامنه: ۵۵-۹۸) ضربه در دقیقه بود. در زمان هایپوکسی میانگین ضربان قلب به $113/6 \pm 14/4$ (دامنه: ۱۴۵-۷۸) ضربه در دقیقه رسید. مقایسه دو عدد با استفاده از آزمون آماری تی زوجی تفاوت معنی‌داری را بین دو میانگین نشان داد ($p < 0/001$).

میانگین میزان درصد اشباع اکسیژن در حالت عادی ۱۰۰٪ بود. این میزان در زمان هایپوکسی به $73/4 \pm 5/3$ (دامنه ۶۰-۸۵٪) رسید اختلاف معنی‌دار آماری بین دو میزان در حالت عادی و در زمان هایپوکسی وجود داشت ($p < 0/001$). بر اساس میزان اشباع اکسیژن شریانی در زمان هایپوکسی افراد مورد مطالعه به سه گروه جبرانی (۸۹-۸۰٪)، اختلال (۷۹-۷۰٪) و بحرانی (۶۹-۶۰٪) تقسیم شدند. بر این اساس بیشتر افراد (۳۵ نفر معادل ۶۸/۶٪) در زمان هایپوکسی در محدوده اختلال قرار داشتند. (جدول ۳).

جدول ۳- فراوانی افراد بر حسب محدوده اشباع اکسیژن در زمان هایپوکسی

محدوده اشباع اکسیژن شریانی	تعداد	درصد
بحرانی = ۶۰-۶۹٪	۱۱	۱۹/۶٪
اختلال = ۷۰-۷۹٪	۳۵	۶۸/۶٪
جبرانی = ۸۰-۸۹٪	۶	۱۱/۸٪

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط هایپوکسی (ارتفاع شبیه سازی شده ۲۵۰۰۰ پای) زمان واکنش خلبانان با شرایط غیرهایپوکسی (کلاس) طولانی‌تر شده که این تفاوت در سطح ۰/۰۰۱ معنادار بود. نتایج بیشتر تحقیقات در این حوزه حاکی از آن بود که افراد زمانی که دچار هایپوکسی می‌شوند عکس العمل آنها کندتر می‌شود و زمان واکنش نیز تحت شرایط هایپوکسی تغییر می‌نماید [۹-۱۲]. اهمیت مطالعه ما نسبت به پژوهش‌های قبلی که معمولاً در آنها از ورزشکاران و کوهنوردان استفاده می‌شد استفاده از داوطلبانی بود که خلبان نظامی بودند.

مقایسه با سطح دریا دچار کاهش شد [۶]. ساز و کارهایی که بیان نماید هایپوکسی حاد چگونه باعث اختلال در عملکرد شناختی می‌گردد به طور کامل مشخص نیست، چنانچه این احتمال وجود دارد که مجموعه‌ای از عوامل در این امر دخیل باشند [۱۱].

نتایج همچنین نشان داد که توجه انتخابی خلبانان در زمان هایپوکسی نسبت به زمان غیرهایپوکسی دچار کاهش می‌شود و خلبانان در شرایط غیر هایپوکسی (عادی) از توجه انتخابی بهتری برخوردارند که این تفاوت در سطح $0/009$ در نمره تداخل معنادار بود که این یافته‌ها با تحقیقات قبلی کویین [۶] تانر [۱۲] و تی لر [۹] همخوان است.

درمقایسه‌ای که در بررسی سوابق خدمه پروازی ارتش استرالیا انجام شد، مشخص گردید که در ارتفاع متوسط 8426 پای (۲۵۶۸ متر) مشکل محاسبات، احساس سرگیجه، واکنش با تأخیر زمانی و آشفتگی ذهنی (گیجی) در کارکنان پروازی مشهود است و همچنین در محدوده ارتفاع 13123 و 16404 پای (۴ و ۵ هزار متری) سطوح بالاتر عملکرد شناختی دچار تغییر می‌شود [۱۲]. بررسی‌ها همچنین نشان می‌دهند سوانح هوایی ناشی از هایپوکسی اغلب در ارتفاعات زیر ۱۹ هزار پای (۵۷۹۱ متر) رخ می‌دهد که نشانه‌های هایپوکسی شامل اختلال روانی (از جمله ناهماهنگی و لرزش)، اختلال در عملکرد شناختی (گیجی، ازدست دادن حافظه، انعطاف پذیری، حافظه کاری و خواب آلودگی)، اختلال در دید (شدت رنگ، شدت نور و تاری دید)، علائم روان شناختی (اضطراب، افسردگی و سرخوشی)، تهوع، سرگیجه و پارسستی، تنگی نفس، سبکی سر و تاکیکاردی را شامل می‌شوند [۱۳].

در زمان کاهش اکسیژن مغز (هایپوکسی)، اختلال در عملکرد عصبی امری شایع است که متعاقب آن توانایی ادراکی خلبانان تحت شرایط هایپوکسی به تدریج کاهش می‌یابد که این موضوع توسط یافته‌های آزمایشات فیزیولوژیکی نیز مورد تأیید قرار گرفته است [۵].

در مطالعه دیگری که در کشور کانادا منتشر شد [۱۴] به

بررسی ظرفیت حافظه کوتاه مدت و حافظه کاری، انعطاف‌پذیری شناختی و توجه انتخابی از آزمون استروپ استفاده شد و عملکرد اجرایی در ابتدا و در ارتفاعات شبیه‌سازی 17500 پای (5334 متر) و 25 هزار پای (7620 متر) اندازه‌گیری شد تا در مورد نقش ارتفاع بر روی وظایف شناختی که برای عملکرد مطلوب در محیط پرواز مهم هستند اطلاعات بیشتری به دست آید. نتایج این مطالعه در مورد مشاهدات رفتاری نشان داد که ارتفاعات مختلف شبیه‌سازی شده، کاهش قابل توجهی در عملکرد شناختی برای همه آزمون‌ها در ارتفاع 25 هزارپایی ایجاد نمود و نمرات نشان داد در این شرایط نسبت به سایر موارد اختلال بیشتری وجود دارد که این نتایج نیز با پژوهش ما در ارتفاع 25 هزارپایی همخوانی دارد.

همچنین از نظر شناختی این افراد در مقایسه با وضعیت پایه در ارتفاع 17500 پای اختلال بیشتر نشان دادند. نتایج این تحقیقات مشخص کرد که نسخه‌های الکترونیکی از این آزمایشات ممکن است در غربالگری علائم حاد هایپوکسی مفید باشد و می‌تواند اطلاعاتی مبنی بر چگونگی ایجاد اختلال در فرایندهای شناختی حین مواجهه با کاهش اکسیژن در ارتفاعات مختلف فراهم کند [۱۴].

نتایج حاصله از بررسی اثرات هایپوکسی بر تعداد ضربان قلب خلبانان نشان داد که بین تعداد ضربان قلب خلبانان در شرایط سطح زمین در مقایسه با ارتفاع 25 هزار پای شبیه‌سازی شده در اتاق ارتفاع تفاوت معنی‌داری وجود دارد که این تفاوت در سطح کمتر از $0/001$ معنادار بود و این نتایج با تحقیقات قبلی ویگو [۱۵] و رین هارت [۱] با در نظر گرفتن شرایط ارتفاعات مختلف و تأثیر آن بر دستگاه قلبی عروقی همخوانی دارد و همسو هستند.

واکنش دستگاه قلبی عروقی بدن نسبت به هایپوکسی ناشی از ارتفاع، افزایش برون ده قلبی است. حجم اکسیژن استخراج شده از جریان خون سیستمیک (مصرف اکسیژن) محصولی از برون ده قلبی است. زمانهایی که بدن به اکسیژن بیشتری مانند زمان ورزش، نیاز دارد معمولاً این اکسیژن از طریق افزایش در

۲۵ هزارپایی جهت تجربه هایپوکسی در اتاق ارتفاع، مانند شرایط ۲۵ هزارپایی واقعی بوده است زیرا که در آن شرایط دستگاه قلبی عروقی واکنش نشان داده است [۱۴].

نتایج نشان داد که بین میزان اکسیژن خون شریانی خلبانان در شرایط هایپوکسی در ارتفاع ۲۵ هزار پایی در شبیه‌ساز پروازی اتاق ارتفاع با شرایط عادی در سطح زمین تفاوت وجود دارد که این تفاوت در سطح ۰/۰۰۱ معنادار است و این نتایج نیز با نتایج قلبی در این زمینه همسو است [۱، ۹، ۱۸].

بر مبنای قانون انتشار گازها (دالتون) فشار نسبی اکسیژن اتمسفر اطراف ما در زمان صعود به ارتفاع کاهش می‌یابد که این کاهش فشار باعث کاهش گرادیان فشار انتشار گازها از غشا آلوئول در ریه می‌شود [۳]. هایپوکسی ناشی از کاهش فشار اتمسفر معمولاً جدی‌ترین خطر فیزیولوژیک پرواز در ارتفاع بالا است، زیرا در هنگام صعود، فشار اتمسفر دچار کاهش می‌شود و تنفس هوای محیطی منجر به افت فشار نسبی اکسیژن در ریه می‌شود [۹].

کاهش فشار اکسیژن شریانی در ارتفاعات بالا (حدود ۱۵۰۰ تا ۷۵۰۰ متر) معمولاً اتفاق افتاده و بر روی عملکرد شناختی انسان‌ها تأثیرگذار است [۱۸].

میزان اشباع شریانی از اکسیژن در حین صعود به ارتفاعات مختلف با هم فرق می‌کند به نحوی که تا ارتفاع ۱۰ هزار پایی میزان اشباع اکسیژن در افراد طبیعی ۹۸-۹۰٪ است که به آن ارتفاع محدوده نامحسوس می‌گویند. اگر چه هیچ علامت هشدار دهنده و یا اختلال محسوسی در این محدوده به وجود نمی‌آید ولی دید در شب در این ارتفاع ۵ هزارپایی کاهش می‌یابد که این اختلال می‌تواند فرد را در انجام وظایف ناتوان نماید. در محدوده ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ هزارپایی (۳۶۶۰ تا ۴۵۵۰ متر) میزان اشباع شریانی ۸۹-۸۰٪ خواهد بود (محدوده جبرانی) که در این مرحله میزان تنفس و ضربان قلب و فشار خون سیستمی برای جبران کاهش اکسیژن افزایش می‌یابد. در افراد سالم این

برون ده قلبی (افزایش ضربان قلب) و استخراج اکسیژن تأمین می‌گردد. در ارتفاعات بالاتر و افت فشار اکسیژن، حجم اکسیژنی که از خون شریانی استخراج می‌گردد، به طور پیش‌رونده‌ای محدود می‌شود و دستگاه عصبی مرکزی اولین بافتی است که با کمبود اکسیژن دچار اختلال عملکرد^۱ می‌شود و نیز اولین بافتی است که در حالات آنوکسیک (نبود اکسیژن) از پا در می‌آید [۱، ۱۰].

همچنین در زمان تجربه هایپوکسی در مرحله جبرانی^۲، با افزایش ضربان قلب، سیستم گردش خون و تا حدود کمتری سیستم تنفسی به عنوان دفاع در برابر هایپوکسی فعال می‌شوند. در نتیجه برون ده قلب بیشتر شده و تعداد تنفس و عمق آن نیز افزایش می‌یابد. در ۱۲ تا ۱۵ هزار پا اثرات هایپوکسی بر سیستم دستگاه اعصاب مرکزی به طور فزاینده‌ای برای کسانی که به آن عادت ندارند می‌تواند ناتوان کننده باشد. با سپری شدن مدت زمان (حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه) در این ارتفاع ناسالم مهارت‌های شخص مختل می‌شوند و علائمی همچون خواب‌آلودگی، قضاوت ضعیف و خطاهای جزئی تکراری در مهارت‌های پروازی نمایان می‌شوند. احساس خوب بودن، سرخوشی و بی تفاوتی^۳ خطرناکتر هستند.

در پژوهش دیگری که در سال ۲۰۱۰ میلادی در آرژانتین انجام پذیرفت [۱۶]، مشاهده شد که هایپوکسی باعث افزایش ضربان قلب می‌شود. این محققین ۱۲ خلبان نظامی را با اکسیژن تکمیلی در اتاق کم فشار قرار دادند. تغییرپذیری ضربان قلبی در ارتفاع ۸۲۳۰ متری قبل، در طی و بعد از محرومیت از جریان اکسیژن ارزیابی شد. نتیجه این تحقیق نشان داد که در زمان هایپوکسی تغییرپذیری ضربان قلبی غیرخطی افزایش یافته شبیه مواردی است که شخص ورزش سنگین انجام داده باشد [۱۷] که با نتایج حاصله در این پژوهش نیز همسو است و همچنین افزایش تعداد ضربان قلب در پژوهش ما مشخص می‌نماید که شرایط شبیه‌سازی شده

3. Feeling of well being & euphoria & indifference

1. Malfunction
2. Compensatory Stage

کنترل عصبی - عضلانی فرد به سرعت ساقط می‌شود. علاوه بر مواردی که در مرحله اختلال ذکر شد تشدید علائم باعث پرش‌های شدید میوکلونیک در اندام فوقانی، تشنج و بیهوشی می‌گردد [۱].

در مطالعه ما که در ارتفاع ۲۵ هزار پایی انجام شد کاهش اشباع خون شریانی به $73/4\%$ منجر به اختلال در توجه انتخابی و افزایش زمان عکس‌العمل و تعداد اشتباهات شد که این یافته با دیگر مطالعاتی که کاهش اختلال در عملکرد شناختی را گزارش کردند همخوانی دارد. از آنجایی که هایپوکسی بر انتقال اکسیژن به مغز و میزان جریان خون مغزی تأثیرگذار است این اختلال می‌تواند ناشی از آن باشد.

با افزایش ارتفاع فشار بارومتري کاهش می‌یابد. مثلاً در ارتفاع ۳۰۴۸ متری (۱۰ هزار پا) فشار اکسیژن شریانی معادل ۵۱ میلی‌متر جیوه و اشباع آن 84% است. در حالی که در ۱۸ هزارپایی معادل ۵۴۸۶ متری، فشار اکسیژن شریانی به ۲۸ میلی‌متر جیوه یعنی 25% سطح دریا می‌رسد و درصد اشباع اکسیژن 55% می‌گردد که از میزان اشباع خون مخلوط وریدی طبیعی کمتر است [۸].

مرحله می‌تواند بدون علامت باشد در حالی که بسیاری از افراد علائمی مانند تهوع، سرگیجه، بی‌حالی، سردرد، خستگی، و دلهره ممکن است آغاز شود و پس از گذشت ده تا پانزده دقیقه در ارتفاع ۲۰ تا ۱۵ هزارپایی (۴۵۵۰-۳۶۶۰) قضاوت شخص ضعیف شده، کاهش بهره‌وری در وی ایجاد می‌شود، اختلال هماهنگی و افزایش تحریک‌پذیری رخ خواهد داد [۱].

در ارتفاع ۱۵ تا ۲۰ هزار پایی (۴۵۵۰ تا ۳۶۶۰ متر) که به آن مرحله اختلال گفته می‌شود اشباع شریانی از اکسیژن به 79% کاهش می‌یابد و فرایندهای فیزیولوژیکی در این مرحله نمی‌تواند کاهش اکسیژن را جبران کند و اختلال شدید در حافظه کوتاه مدت، تکلم و نوشتن ایجاد می‌شود و کمی پیاده روی باعث می‌شود محاسبات وی غیر قابل اطمینان گردد رفتار به صورت تهاجمی، جنگ جویانه، سرخوشی، اعتماد به نفس کاذب و کج خلقی خود را نشان می‌دهد [۱].

در ارتفاع بالای ۲۰ هزار پایی (۶۱۰۰ متر) میزان اشباع اکسیژن به 69% - 60% کاهش یافته که به آن مرحله بحرانی گویند. علائم ذکر شده قبل که ممکن است نادیده گرفته شوند، دیگر کاملاً قابل مشاهده بوده به طوری که عملکرد مغزی و

References

1. Reinhart RO. Basic flight physiology. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Professional; 2008.
2. Deussing EC, Artino AR, Folga RV. In-flight hypoxia events in tactical jet aviation: characteristics compared to normobaric training. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2011; 82(8):775-781.
3. Martin T. Aeromedical transportation: a clinical guide. 2nd ed. Boca Raton: Ashgate Publishing; 2006.
4. Qin Z, Hu H, Ding L, Xiao H, Li J. Hand performance changes under acute exposure to moderate and mild hypobaric hypoxia. In: International conference on remote sensing, environment and transportation engineering. 24-26 June. China 2011.
5. Truszczyński O, Wojtkowiak M, Biernacki M, Kowalczyk K. The effect of hypoxia on the critical flicker fusion threshold in pilots. *International journal of occupational medicine and environmental health*. 2009; 22(1):13-18.
6. Gopher D. A selective attention test as a predictor of success in flight training. *Human factors*. 1982; 24(2):173-183.
7. Mahmoodi G. The application of psychology in the selection of pilot volunteers. *Ebnesima*. 2009; 12(1):32-40. [Persian]
8. MacLeod, C. M. The stroop task in cognitive research. In: Wenzel A, Rubin DC, editors. *Cognitive methods and their application to clinical research*. Washington, D.C.: American Psychological Association; 2005. 17-40.
9. Rainford DJ, Gradwell D. *Ernsting's aviation and space medicine*. Fifth edition. Boca Raton: CRC Press; 2015.
10. Davis JR, Johnson R, Stepanek J, Fogarty JA. *Fundamentals of aerospace medicine*. 4rd ed. Philadelphia, London: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
11. Stepanek J, Cocco D, Pradhan GN, Smith BE, Bartlett J, Studer M, et al. Early detection of hypoxia-induced cognitive impairment using the King-Devick test. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2013; 84(10):1017-1022.

12. Turner CE, Barker-Collo SL, Connell CJ, Gant N. Acute hypoxic gas breathing severely impairs cognition and task learning in humans. *Physiology & behavior*. 2015; 142:104-110.
13. Neuhaus C, Hinkelbein J. Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training. *Psychology research and behavior management*. 2014; 7:297-302.
14. Asmaro D, Mayall J, Ferguson S. Cognition at altitude: impairment in executive and memory processes under hypoxic conditions. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2013; 84(11):1159-1165.
15. Vigo DE, Pérez Lloret S, Videla AJ, Pérez Chada D, Hünicken HM, Mercuri J, et al. Heart rate nonlinear dynamics during sudden hypoxia at 8230 m simulated altitude. *Wilderness & environmental medicine*. 2010; 21(1):4-10.
16. Lockley SW, Brainard GC, Czeisler CA. High sensitivity of the human circadian melatonin rhythm to resetting by short wavelength light. *The journal of clinical endocrinology and metabolism*. 2003; 88(9):4502-4505.
17. Taylor L, Watkins SL, Marshall H, Dascombe BJ, Foster J. The impact of different environmental conditions on cognitive function: a focused review. *Frontiers in physiology*. 2015; 6:1-13.
18. Petrassi FA, Hodkinson PD, Walters PL, Gaydos SJ. Hypoxic hypoxia at moderate altitudes: review of the state of the science. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2012; 83(10):975-984.

The effect of hypoxia on the selective attention and reaction time among army pilots in the flight simulator of an altitude chamber

Mohsenzadeh HR¹, Dabbaghi P², *Eslami R³, Grayeli M⁴

Abstract

Background: Hypoxia is a potential danger for aviation affairs and the lack of attention to it causes both human and financial costs. One of the main effects of hypoxia is reduction in mental efficiency. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effects of hypoxia on hypoxic psychological aspects (selective attention and reaction time) among pilots as well as changes in heart rate and blood oxygen levels in the flight simulator of an altitude chamber.

Materials and methods: Totally, 53 pilots referred to the altitude chamber at the air physiology center of IRAF were randomly entered the study within 10 months. Initially, the study protocol was described to them. A percentage of arterial oxygen saturation and heart rate and Stroop computer task under normal condition (class) were recorded. Then, in the hypoxic conditions (height 25000 feet) the same items were checked, recorded, and finally analyzed statistically.

Results: The results of this study showed that hypoxia increases the reaction time and heart rate in the pilots. Also, it reduced pilots' selective attention and blood oxygen levels. All of the mentioned items were statistically significant.

Conclusion: Hypoxia can prolong the response time in the pilots and also disturbs their selective attention and increases the risk of accidents. The importance of this issue in fighter aircraft, which is controlled by one or two pilots, can be much more than in a cargo aircraft. Therefore, hypoxia training in the altitude chamber and attention to its psychological aspects can play an important role in correct and on time recognition of the hypoxia and safety of flights.

Keywords: Hypoxia, Reaction Time, Attention, aviation, Military Personnel, Aerospace Medicine

1 MSc in clinical psychology, Faculty of Aerospace and subaquatic medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Assistant professor, Department of public health, Faculty of medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Assistant professor, Faculty of Aerospace and subaquatic medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran
(*Corresponding Author)
rezaeslami7@yahoo.com

4. PhD student at physiology, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran