

## بررسی کارایی آزمون کینگ-دویک در شناسایی زودهنگام اختلالات شناختی ناشی از هایپوکسی القاء شده در خلبانان نظامی

\*سعید احتشامی<sup>۱</sup>، امیر نظامی اصل<sup>۲</sup>، ابوالفضل خادمی<sup>۳</sup>،  
رضا اسلامی<sup>۴</sup>، سیمین ریاحی<sup>۵</sup>، حمیدرضا محسن زاده<sup>۶</sup>

### چکیده

**مقدمه:** هایپوکسی همواره یکی از مهمترین مخاطرات انسان در صعود به ارتفاعات بوده است. با توجه به اهمیت تجربه و آموزش شرایط هایپوکسی برای خلبانان نظامی این مطالعه با هدف بررسی کارایی آزمون کینگ-دویک در شناسایی زودهنگام اختلالات شناختی ناشی از هایپوکسی القاء شده در خلبانان نظامی طراحی و انجام شد.

**روش بررسی:** تعداد ۶۰ نفر از خلبانان نظامی داوطلب برای تجربه هایپوکسی در اتاقک کم فشار به طور تصادفی انتخاب و وارد مطالعه شدند. مراحل انجام مطالعه شامل آموزش، تکمیل فرم پرسشنامه، انجام آزمون در شرایط نورموکسیک، نیتروژن زدایی، استقرار، آزمون عملکرد شیپور استاش، شبیه سازی صعود به ۲۵ هزار پایی، انجام آزمون در شرایط هایپوکسی و در نهایت گذاشتن مجدد ماسک اکسیژن بود.

**یافته‌ها:** میانگین سن داوطلبان  $31/78 \pm 7/74$  سال بود.  $46/7\%$  آنان دارای وزن طبیعی و  $53/3\%$  دارای اضافه وزن بودند. از کل نمونه‌ها  $31/7\%$  سیگاری بودند. میانگین ساعت پرواز  $1168/35 \pm 1345/21$  بود. متوسط زمان آزمون در شرایط نورموکسیک برابر با  $45/54 \pm 5/43$  ثانیه بوده،  $71/7\%$  از افراد بدون اشتباه پاسخ داده و بقیه بین ۱ تا ۳ اشتباه داشتند. این زمان در شرایط هایپوکسی برابر با  $52/98 \pm 5/86$  بود و  $98/3\%$  افراد بین ۱ تا ۱۱ اشتباه داشتند. افراد سیگاری به طور معنی داری در زمان طولانی‌تری به آزمون پاسخ دادند. از نظر زمان پاسخ‌دهی و همچنین از نظر تعداد اشتباهات تفاوت معنی داری بین گروه‌ها وجود نداشت.

**بحث و نتیجه‌گیری:** به نظر می‌رسد که این پژوهش اولین مطالعه‌ای است که از آزمون کینگ-دویک در شناسایی زودهنگام اختلالات شناختی ناشی از هایپوکسی القاء شده در خلبانان نظامی در اتاقک کم فشار استفاده می‌کند. در شرایط هایپوکسی زمان عکس العمل در افراد سیگاری افزایش معنادار نشان داد ولی عواملی مانند سن، اضافه وزن و مدت پرواز بر زمان عکس‌العمل و تعداد اشتباهات در شرایط هایپوکسی تأثیری نداشت.

**کلمات کلیدی:** اختلالات شناختی، خلبانان، نظامی، هایپوکسی ارتفاع، آموزش با شبیه‌سازی

۱. متخصص طب هوافضا و زیر سطحی، تهران، ایران، دانشگاه علوم پزشکی آجا، دانشکده طب هوا فضا و زیرسطحی (\* مؤلف مسئول) saeid.ehteshami@yahoo.com
۲. استادیار، تهران، ایران، دانشگاه علوم پزشکی آجا، دانشکده طب هوا فضا و زیرسطحی
۳. دکترای تخصصی فیزیولوژی ورزشی، تهران، ایران، دانشگاه علوم پزشکی آجا، دانشکده پزشکی
۴. کارشناس ارشد روان‌شناسی بالینی، تهران، ایران، دانشگاه علوم پزشکی آجا، دانشکده طب هوا فضا و زیرسطحی

## مقدمه

از ابتدای صعود بشر به ارتفاعات، هایپوکسی خود را به عنوان یکی از مهم ترین مخاطرات نشان داده است. شناسایی سریع علائم هایپوکسی می تواند به طور مؤثر از خطرات و تهدیدات ناشی از آن جلوگیری کند [۱]. از آنجایی که این مهم می تواند به مرگ منجر شود، آموزش کارکنان پروازی جهت آشنایی با علائم هایپوکسی در اتاق کم فشار<sup>۱</sup> (اتاق ارتفاع) در سراسر دنیا اجباری شده است [۲].

هایپوکسی هایپوباریک به عنوان کاهش فشار اکسیژن آلوئولی تعریف می شود که ناشی از کاهش فشار اتمسفر ناشی از افزایش ارتفاع است. هایپوکسی کاهش فشار اکسیژن در خون شریانی است که شروع و شدت هایپوکسی حاد به چند عامل بستگی دارد؛ از جمله ارتفاع، میزان اکسیژن گازهای تنفسی، میزان صعود، مدت زمان قرارگیری در ارتفاع بالا، شدت فعالیت بدنی، درجه حرارت محیط، عادت به وضعیت هایپوکسی و تفاوت در واکنش های فیزیولوژیک انسان در ارتفاعات [۳]. در هنگام صعود به ارتفاع، فشار نسبی اکسیژن اتمسفر اطراف ما کاهش می یابد که باعث کاهش گرادیان فشار انتشار گازها از غشاء آلوئول در ریه می شود (قانون انتشار گاز دالتون) [۴].

هایپوکسی خفیف، در ارتفاع ۸۰۰۰ پایی (۲۴۳۸ متری)، عموماً روی عملکردهای شناختی خوب یاد گرفته شده، هوشیاری و عملکرد ادراکی - حرکتی تأثیر نمی گذارد ولی یادگیری و وظایف شناختی پیچیده دچار اختلال می شود [۵]. اختلال شناختی یک عارضه مهم در هایپوکسی هایپوباریک است که مشخصاً بر توانایی پروازی هوانورد تأثیرگذار است. محققان عقیده دارند ارتفاع بالا و هایپوکسی هایپوباریک ناشی از آن بر شناخت و حالت اضطراب تأثیرگذار است [۶].

عملکرد شناختی در انجام وظایف نیاز به ذهنی هوشیار دارد. این وظایف شامل حافظه (کلامی، فضایی و کاری) و عملکرد اجرایی است. هایپوکسی می تواند باعث نقص مراحل شناختی

## 1. Hypobaric Chamber

نظیر یادگیری، حافظه فضایی و حافظه کوتاه مدت در انسان ها شود [۷].

در حال حاضر مهم ترین علت سوانح هوایی خطاهای انسانی است که شیوع آن تا ۸۰٪ تخمین زده می شود. هایپوکسی از مهم ترین علل فیزیولوژیک قابل پیشگیری دخیل در سوانح هوایی است [۸]. با توجه به بروز تدریجی علائم هایپوکسی، خلبان می باید مراحل مختلف آن را تشخیص داده تا بتواند در برابر آن واکنش نشان دهد. تشخیص هر چه سریع تر علائم هایپوکسی (قبل از بروز ناتوانی) باعث بهبود عملکرد خلبان خواهد شد [۹].

دستورالعمل آشنایی با هایپوکسی یک جزء حیاتی در آموزش هوانوردان در نیروی هوایی آمریکا است و به صورت گسترده ای در سایر کشورها نیز مورد استفاده قرار می گیرد. لذا گروه پروازی به منظور تجربه و آموزش علائم هایپوکسی، در اتاق ارتفاع قرار می گیرند که در این اتاق می توان تا ارتفاع ۲۵ هزار پا یا بیشتر را شبیه سازی نمود [۱۰].

به نظر می رسد که با توجه به اهمیت موضوع وقوع سوانح هوایی ناشی از هایپوکسی و تنوع علائم و نشانه های آن، تنها اتکاء به علائم و نشانه های ایجاد شده در خلبانان در اتاق ارتفاع در شرایط هایپوکسی کارآمد نبوده و توانایی پیشگویی ایجاد اختلال در عملکرد خلبانان در ابتدای ظهور علائم هایپوکسی را ندارد [۱۱].

بر این اساس انجام آزمون های شناختی دقیق تر جهت بررسی شروع علائم هایپوکسی قبل از ایجاد و نهادینه شدن این علائم در فرد بسیار کارآمد است و در واقع می تواند شروع علائم هایپوکسی را در مرحله مقدماتی هشدار دهد [۱۲].

تشخیص علائم هشداردهنده هایپوکسی در ابتدای حمله نیاز به توجه دقیق دارد. شناسایی هایپوکسی پیشرونده شاید به این دلیل دشوار باشد که شخص مبتلا خودش نیز دقیقاً به وقوع اختلالات شناختی در خود واقف نیست. تابلوی بالینی هایپوکسی هایپوباریک حاد مخلوطی از واکنش های قلبی - تنفسی و اثرات عصبی است. علائم و نشانه ها متغیرند و از

می‌شود. دلایل مختلفی برای الزام خلبانان به داشتن حداقل یک بار تجربه اتاق ارتفاع وجود دارد که شامل موارد زیرند:

الف) تجربه نشانه‌ها و علائم هایپوکسی و از دست دادن فشار<sup>۳</sup>

ب) تشخیص فردی علائم قبل از آنکه ناتوان کننده شوند. چون پاسخ هر فرد به حالات مشابه متفاوت و علائم منحصر به فرد است، لذا هر فرد فقط با تجربه اتاق ارتفاع و پرواز در آن می‌تواند نشانه‌ها و علائم خود را بشناسد.

پ) برای تجربه از دست دادن فشار سریع<sup>۴</sup> در حالات کنترل شده و درک آن تا از تصور ترسناک بودن آن بکاهد و شوک از دست دادن فشار سریع و بی‌حرکتی شخص و تأخیر در واکنش‌های فردی خود را تجربه کند.

ت) حصول اطمینان لازم برای خلبان‌ها جهت کسب تجربه هایپوکسی و گاز به دام افتاده<sup>۵</sup> بر اساس قانون بویل (بر اساس این قانون با کاهش فشار محیطی حجم گازها افزایش می‌یابد). این مسأله خلبان را قادر می‌سازد تظاهرات را در خود و دیگران متوجه شود. سودمندترین و کاربردی‌ترین بخش آن توانایی در تشخیص علائم ابتدایی هایپوکسی است، که خلبان را قادر به واکنش سریع و فوری (باز کردن اکسیژن) پیش از از دست دادن هوشیاری می‌نماید. همچنین خلبان تأثیر هایپوکسی بر دید شب را در می‌یابد [۱۴].

در سال ۲۰۱۲، جانستون و همکارانش در مطالعه‌ای که روی گروه پروازی نظامی با تجربه آمریکا انجام دادند، متوجه شدند که هیچ تفاوتی در به یاد آوردن اغلب نشانه‌های هایپوکسی در بین جلسات تمرینی اتاقک کم فشار مشاهده نشد. لکنت زبان، بیشترین تکرار را در یادآوری در مقایسه با جلسات تمرینی جدیدتر داشت. شباهت زیادی بین یادآوری نشانه‌های قبلی و فعلی هایپوکسی تأیید کننده تأثیر جلسات تمرینی اتاقک کم فشار برای هایپوکسی و تأیید وجود علائم

فردی به فرد دیگر متفاوت بروز می‌کنند. سرعت و ترتیب بروز علائم و شدت آنها بستگی به میزان هایپوکسی، شدت آن و زمان در معرض هایپوکسی بودن، دارد. البته برای یک فرد الگوی عوارض در زمانهای متفاوت، مشابه یکدیگر است [۹،۱۳].

علائم مربوط به هایپوکسی ناشی از ارتفاع یا می‌تواند به علت خود هایپوکسی حادث شود یا ناشی از کمبود دی‌اکسیدکربن خون<sup>۱</sup> و یا ناشی از هر دوی آنها باشد. علائم بالینی شامل تاکی‌پنه، هایپرپنه و سیانوز هستند. علائم اختلال در دستگاه عصبی مرکزی، که اکثراً توسط اشخاص مبتلا به این نوع هایپوکسی گزارش می‌شوند شامل طیفی از علائم همچون گیجی، تغییرات خلقی رفتاری نظیر هیجان زدگی و یا پرخاشگری، کاهش قدرت انطباق و حتی بیهوشی است. نشانه‌های هایپوکسی شامل دیس‌پنه، سردرد، خماری، خمیازه، سرخوشی، تاری دید یا دید لوله‌ای<sup>۲</sup> است. نشانه‌های کمبود دی‌اکسید کربن خون شامل پارسستی انتهایی و محیطی که به طور شایع همراه نشانه‌های هایپوکسی است و اغلب اولین نشانه‌هایی هستند که توسط خدمه هوایی گزارش می‌شوند [۱۳].

آموزش در اتاقک کم فشار روشی کلاسیک برای نشان دادن هایپوکسی به هوانوردان است که اعتبار آن در تجربه هایپوکسی بدون ماسک به‌طور عملی در ارتفاعات و حالات مختلف وابسته آن است. به‌طور اصولی برنامه شامل صعود به قله ارتفاع بوده که با برداشتن ماسک و تنفس هوای محیطی دنبال می‌گردد تا علائم هایپوکسی نمایان شوند. این وسیله آموزشی مهم‌ترین روش فیزیولوژیک برای فراهم‌سازی محیطی عملی، تحت کنترل، ایمن و مشابه با حالات واقعی است.

آموزش در اتاق ارتفاع یک تجربه الزامی برای گروه پروازی نظامی است. هر چند جهت خلبان‌های غیرنظامی هم توصیه

3. Decompression  
4. Rapid Decompression  
5. Trapped Gas

1. Hypocarbica  
2. Tunnel Vision

هایپوکسی برای هر شخص است. تفاوت‌های کوچک بین یادآوری برخی نشانه‌های دیگر هایپوکسی که کمتر شایع هستند، اهمیت توجه به این نشانه‌های ظریف برای پی بردن سریع هایپوکسی و استفاده از تکنیک‌هایی جهت بهینه ساختن یادآوری نشانه‌ها در گروه پروازی را مشخص می‌کند [۱۵].

اختلالات شناختی ناشی از پرواز در ارتفاعات بالا که در آن فشار اکسیژن کاهش می‌یابد مشاهده شده است. البته با قرار گرفتن در ارتفاع حدود ۲۰۰۰ متری، جهت انجام وظایف شناختی و سایر اعمال نورولوژیک، متابولیسم بافت عصبی ۱۵ درصد افزایش می‌یابد که همین امر می‌تواند باعث بروز مشکلات عصبی ناشی از اختلال در متابولیسم هوازی گردد که نتیجه آن اختلالات عملکردی در شخص خواهد بود. شدت اختلالات در هایپوکسی عمدتاً به علت تأثیرات مغزی است. کاهش اکسیژن تأثیر زیادی بر طیف وسیعی از آزمونهای استاندارد عصبی-شناختی داشته و باعث تأخیر یادگیری و کاهش عملکرد داوطلبان سالم حین انجام این آزمون‌ها می‌گردد. هایپوکسی روی آزمون‌های عددی که سطوح بالای شناختی را درگیر می‌کنند تأثیرگذار است. تحقیقات نشان داد که تجارب ادراکی ابزاری حساس برای ردیابی عوارض هایپوکسی قبل از بروز حمله اختلالات شناختی عملکردی است [۱۶].

یکی از آزمون‌های تشخیص زودهنگام هایپوکسی آزمون کینگ-دویک (K-D)<sup>۱</sup> است [۱۷]. این آزمون شامل ۴ فلش کارت است که یک کارت برای آموزش و سه کارت برای آزمون است و اعداد اتفاقی به زبان انگلیسی در آن نوشته شده است. از بین آزمون‌های شناختی موجود K-D به علت سرعت و دقت بالا و آسان بودن اجرا برای محققین اهمیت دارد. این آزمون به بررسی حافظه تصویری در شرایط خاصی که مغز دچار مشکل شده است، می‌پردازد. آزمون براساس خواندن با صدای بلند یکسری از اعداد تک رقمی از چپ به راست در سه کارت

آزمایشی است و جهت انجام آن به کمتر از دو دقیقه زمان نیاز است. این آزمون شامل یک کارت نشانگر جهت آشنایی داوطلبین با آزمون و سه کارت آزمون واقعی است. نفرات باید اعداد را با صدای بلند از چپ به راست با حداکثر سرعتی که می‌توانند بدون خطا بخوانند. مجموع زمان وقت‌گذاری شده برای خواندن سه کارت آزمون مدت زمان کل آزمون در نظر گرفته می‌شود. تعداد خطاها نیز توسط آزمونگر ثبت می‌گردد. K-D آزمونی استاندارد و در برگرنده خواص سایکومتریک شامل واقعیت‌گرایی، تمایز و تفکیک‌پذیری است.

با توجه به اهمیت تجربه و آموزش شرایط هایپوکسی برای خلبانان نظامی این مطالعه با هدف بررسی کارایی آزمون K-D در شناسایی زودهنگام اختلالات شناختی ناشی از هایپوکسی لقاء شده در خلبانان نظامی طراحی و انجام شد. همچنین ارتباط تغییرات شاخص توده بدنی (BMI)<sup>۲</sup>، سن، اشباع اکسیژن شریانی، ساعات پروازی و مصرف سیگار با نتایج آزمون K-D در شرایط نورموکسی و هایپوکسی بررسی گردید.

## روش بررسی

در این مطالعه ۶۰ نفر از خلبانان نظامی داوطلب که برای تجربه هایپوکسی در اتاقک کم فشار (اتاق ارتفاع) به مرکز فیزیولوژی هوایی نیروی هوایی ارتش مراجعه کرده بودند به طور تصادفی انتخاب و وارد مطالعه شدند. این داوطلبین کاملاً سالم بوده و قبل از ورود به اتاقک کم فشار شرح کامل از بیماری یا مشکلات احتمالی، خواب شب قبل، مصرف سیگار یا الکل و یا داروهای مختلف، مصرف صبحانه گرفته شد. سپس قد و وزن داوطلبین اندازه‌گیری و BMI آنها محاسبه گردید.

با توجه به اینکه کلیه خلبانان بر اساس استاندارد باید در شرایط سلامت کامل جسمانی باشند و هیچ نوع بیماری نیز در آنها وجود نداشته باشد (در صورت وجود هر گونه بیماری و مشکل جسمانی اجازه شرکت در پروتکل را ندارند) بنابراین

1. King-Devick

2. Body Mass Index

موردی برای خروج از مطالعه به جز عدم همکاری با محقق وجود نداشت.

آزمون‌های آماده و استاندارد K-D بدون تغییر و دخل و تصرف از وب سایت مربوطه ویرایش ۲۰۱۲ میلادی تهیه گردید. قبل از شروع مطالعه فردی که به عنوان آزمونگر انتخاب شده توسط محقق تحت آموزش دقیق از لحاظ نحوه استفاده از کارت مربوطه و انجام آزمون قرار گرفت و در تمام مراحل آزمون، محقق نظارت کامل بر انجام آزمون داشت. در دو مرحله برای آشنایی بیشتر، آزمونگر به صورت آزمایشی آزمون K-D را بر روی چند نفر از داوطلبین انجام داد.

مطالعه با انجام آزمون مربوطه طی مراحل زیر روی داوطلبین انجام گردید:

۱- مرحله آموزش: آشنا کردن داوطلبین با آزمون K-D و نحوه خواندن کارت‌های مربوط به آزمون.

۲- مرحله تکمیل فرم پرسشنامه: در این مرحله پس از اخذ شرح حال، قد و وزن داوطلبین اندازه‌گیری و شاخص توده بدنی محاسبه گردید.

۳- مرحله انجام آزمون در شرایط نورموکسی: آزمون K-D برای دو نفر از داوطلبین در داخل اتاقک کم فشار انجام می‌شد و داوطلب با شروع زمان سنجی توسط آزمونگر و محقق، کارت‌های K-D را به ترتیب از شماره ۱ تا شماره ۳ به صورت افقی خوانده و با پایان کارت سوم زمان سنجی قطع و تعداد غلط‌ها در خواندن اعداد و زمان خواندن هر سه کارت ثبت می‌شد. در طی انجام آزمون دستگاه پالس‌اکسی‌متر به انگشت اشاره داوطلبین وصل و اشباع اکسیژن شریانی اندازه‌گیری می‌شد (برای تأیید شرایط نورموکسی: اشباع اکسیژن شریانی بیش از ۹۲٪) [۱۲].

۴- مرحله نیتروژن زدایی: تنفس اکسیژن ۱۰۰٪ به مدت ۳۰ دقیقه جهت نیتروژن زدایی از خون داوطلب قبل از شروع پرواز در اتاقک کم فشار (این کار برای پیشگیری از عوارض

بیماری برداشت فشار<sup>۱</sup> صورت می‌گیرد).

۵- مرحله استقرار در محل‌های مورد نظر در اتاقک کم فشار و قراردادن کردن ماسک و رگولاتور اکسیژن و کنترل سیستم ارتباط صوتی داخلی.

۶- مرحله پاک‌کنندگی سینوس و گوش (آزمون عملکرد شیپور استاش): در این مرحله ابتدا صعود به ارتفاع ۵ تا ۶ هزار پا و نزول به سطح زمین برای تشخیص خاصیت پاک‌کنندگی سینوس‌ها و گوش‌ها انجام شد. میزان صعود و نزول ۳ هزار پا در دقیقه بوده و سپس با سرعت ۳۵۰۰ پا در دقیقه به ارتفاع ۲۵ هزار پایی صعود انجام شد.

۷- مرحله صعود به ۲۵ هزار پایی: در این مرحله برای داوطلبین صعود به ارتفاع ۲۵ هزار پایی شبیه‌سازی و در این ارتفاع ماسک اکسیژن برای مدت ۵-۳ دقیقه برداشته شده تا علائم و نشانه‌های هایپوکسی را تجربه کنند.

۸- مرحله انجام آزمون K-D: با گذشت ۳ دقیقه از برداشتن ماسک در شرایطی که به انگشت داوطلبین پالس‌اکسی‌متر متصل است آزمون K-D (۳ عدد فلش کارت) توسط داوطلبین (به محض افت اشباع اکسیژن شریانی به زیر ۹۲٪) خوانده شد و تعداد غلط‌ها و زمان خواندن کارت‌ها ثبت گردید (آزمون K-D و خواندن ۳ کارت مربوطه کمتر از ۲ دقیقه انجام می‌پذیرد).

۹- سپس داوطلبین با احساس نشانه‌های هایپوکسی در خود و اعلام آن به آزمونگر ماسک اکسیژن را وصل کرده با استنشاق اکسیژن ۱۰۰٪ با سرعت ۳۰۰۰ پا در دقیقه نزول نمودند.

لازم به توضیح است در صورت شرایط اضطراری و عوارض ناشی از هایپوکسی، آزمونگر آزمون را قطع و ماسک اکسیژن داوطلب را سریعاً وصل می‌کرد تا داوطلب اکسیژن ۱۰۰٪ استنشاق کند و داوطلب مربوطه از مطالعه خارج می‌شد.

داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ مورد تجزیه و

تحلیل قرار گرفت. متغیرهای عددی به صورت میانگین و انحراف معیار و متغیرهای کیفی به صورت تعداد و درصد نمایش داده شده‌اند. نرمالیتی متغیرها توسط آزمون کولموگروف-اسمیرنف بررسی شد و تفاوت میانگین‌ها در شرایط نورموکسی و هایپوکسی توسط آزمون تی نشان داده شد. همچنین از آزمون ANOVA جهت مقایسه متغیرها در گروه‌های چندتایی استفاده گردید. از آزمون کای اسکوار نیز جهت مقایسه متغیرهای کیفی استفاده شد. در کلیه آزمونها مقدار  $p$  کمتر از  $0/05$  معنی‌دار در نظر گرفته شد.

### یافته‌ها

میانگین سن داوطلبان  $31/78$  با انحراف از معیار  $7/74$  سال بود. جوان‌ترین داوطلب  $21$  سال و مسن‌ترین آنها  $46$  سال سن داشت. در گروه‌بندی سنی  $35$  نفر از داوطلبان سن کمتر از  $25$  سال داشتند.  $30$  نفر بین  $25$  تا  $35$  ساله بوده و  $35$  نفر بیش از  $35$  سال سن داشتند.

میانگین BMI افراد  $24/97 \pm 2/01$  در محدوده طبیعی قرار داشت. هر چند که کمینه BMI معادل  $19/7$  و بیشینه آن معادل  $29$  بود. از نظر فراوانی  $32$  نفر ( $53/3\%$ ) در محدوده BMI  $25$  تا  $30$  (اضافه وزن) و  $28$  نفر ( $46/7\%$ ) در محدوده  $18/5$  تا  $25$  (طبیعی) قرار داشتند.

در مطالعه حاضر از بین  $60$  نفر از شرکت‌کنندگان،  $41$  نفر ( $68/3\%$ ) را افراد غیرسیگاری و  $19$  نفر ( $31/7\%$ ) را افراد سیگاری تشکیل داده بودند.

از نظر میزان ساعت پرواز، با توجه به آنکه کمترین مقدار برای میزان ساعات پرواز  $8$  ساعت و بیشترین میزان ساعات پرواز برابر با  $5000$  ساعت بوده است مشاهده شد که میانگین میزان ساعات پرواز برابر با  $1168/35$  با انحراف معیار  $1354/21$  بوده است (قابل ذکر است که انحراف معیار بالای این متغیر به دلیل اختلاف سنی و در نتیجه، اختلاف سابقه کاری بالای خلبانان است). حدود  $32\%$  از داوطلبان ساعت پرواز کمتر از  $200$  ساعت داشته، حدود  $36\%$  بین  $200$  تا  $1000$

ساعت پرواز و حدود  $32\%$  بیش از  $1000$  ساعت پرواز داشتند. متوسط متغیر اشباع شریانی نورموکسی برابر  $10/3 \pm 97/92\%$  (دامنه:  $99-95\%$ ) بود و متوسط اشباع شریانی هایپوکسی برابر با  $3/43 \pm 83/77\%$  (دامنه:  $89-76\%$ ) ثبت شد. شرایط هایپوکسی با عوارضی مانند سرگیجه  $36/7\%$ ، سردرد  $5\%$ ، تاری دید  $11/7\%$ ، گز گز سر انگشتان  $16/7\%$  همراه بود.

متوسط زمان آزمون K-D در شرایط نورموکسی برابر با  $45/54 \pm 5/43$  ثانیه بود و  $71/7\%$  از افراد بدون اشتباه پاسخ دادند و بقیه بین  $1$  تا  $3$  اشتباه داشتند.

متوسط زمان آزمون K-D در شرایط هایپوکسی برابر با  $52/98 \pm 5/86$  بوده و تنها یک نفر در این شرایط بدون اشتباه پاسخ داده بود.  $98/3\%$  افراد بین  $1$  تا  $11$  اشتباه داشتند.

پس از تأیید توزیع نرمال متغیر زمان آزمون K-D توسط آزمون نرمالیتی کولموگروف-اسمیرنف آزمون تفاوت میانگین‌ها در شرایط نورموکسی و هایپوکسی انجام شد. نتایج آزمون تی نشان داد که زمان پاسخ‌دهی با اختلاف معنی‌دار  $7/44$  ثانیه ( $p < 0/001$ ) در شرایط هایپوکسی طولانی‌تر است.

همچنین اشباع شریانی نورموکسی و هایپوکسی با اختلاف  $14/15\%$  تفاوت معنی‌داری ( $p < 0/001$ ) نشان دادند.

نتایج آزمون تی بر روی متغیر زمان آزمون K-D در گروه‌های دوتایی و آزمون ANOVA در گروه‌های چندتایی

جدول ۱- مقایسه زمان آزمون K-D در شرایط هایپوکسی در گروه‌های مختلف

میانگین $\pm$ انحراف معیار	اختلاف میانگین	مقدار $t$ یا $F$	مقدار $p$
افراد با وزن طبیعی	$52/57 \pm 5/79$	$-0/77$	$0/61$
افراد با اضافه وزن	$53/34 \pm 5/99$		
غیرسیگاری	$51/5 \pm 6/04$	$-4/69$	$0/003$
سیگاری	$56/19 \pm 3/97$		
کمتر از 25 سال	$51/84 \pm 6/47$	$1/14$	$0/33$
25-35 سال	$52/56 \pm 4/27$		
بیشتر از 35 سال	$54/49 \pm 6/33$		
کمتر از 200 ساعت	$51/97 \pm 6/21$	$0/52$	$0/59$
200-1000 ساعت	$53/05 \pm 5/11$		
بیشتر از 1000 ساعت	$53/92 \pm 6/44$		

جدول ۲- مقایسه میزان بروز اشتباه در آزمون K-D در شرایط هایپوکسی در گروه‌های مختلف

مقدار p	کای اسکوار	با اشتباه	بدون اشتباه	
۰/۴۷	۱/۱۶	۲۷ (% ۹۶/۴)	۱ (% ۳/۶)	افراد با وزن طبیعی
		۳۲ (% ۱۰۰)	-	افراد با اضافه وزن
۱/۰۰	۰/۴۷	۴۰ (% ۹۷/۶)	۱ (% ۲/۴)	غیرسیگاری
		۱۹ (% ۱۰۰)	-	سیگاری
۱/۰۰	۱/۸۹	۲۰ (% ۹۵/۲)	۱ (% ۴/۸)	کمتر از ۲۵ سال
		۱۸ (% ۱۰۰)	-	۲۵-۳۵
		۲۱ (% ۱۰۰)	-	بیشتر از ۳۵ سال
۰/۶۳	۲/۱۹	۱۸ (% ۹۴/۷)	۱ (% ۵/۳)	کمتر از ۲۰۰ ساعت
		۲۲ (% ۱۰۰)	-	۲۰۰-۱۰۰۰
		۱۹ (% ۱۰۰)	-	بیشتر از ۱۰۰۰ ساعت

در شرایط هایپوکسی در جدول ۱ خلاصه شده است. نتایج نشان داد که افراد سیگاری به‌طور معنی‌داری در زمان طولانی‌تری به آزمون پاسخ می‌دهند. این متغیر در گروه‌های دیگر تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

برای بررسی ارتباط تعداد اشتباهات با متغیرهای جمعیت شناختی آزمون کای زوجی انجام شد و همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده، تفاوت معنی‌داری در گروه‌های مختلف این نظر مشاهده نشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

به‌نظر می‌رسد که این پژوهش اولین مطالعه‌ای است که از آزمون K-D در شناسایی زود هنگام اختلالات شناختی ناشی از هایپوکسی القاء‌شده در خلبانان نظامی در اتاقک کم فشار استفاده کرده است. بعد از قرار گرفتن در محیط هایپوکسی کم فشار زمان K-D و تعداد اشتباهات و زمان عکس‌العمل افزایش معناداری پیدا کرد. در شرایط هایپوکسی زمان عکس‌العمل در افراد سیگاری افزایش معنادار نشان داد ولی عواملی مانند سن، اضافه وزن و مدت پرواز بر زمان عکس‌العمل و تعداد اشتباهات در شرایط هایپوکسی تأثیری نداشت.

استپانک و همکاران (۲۰۱۳) اختلاف مشخصی در نتیجه آزمون K-D در شرایط هایپوکسی نسبت آزمون پایه با قدرت ۹۵٪ مشاهده کرد که می‌تواند به علت تأثیر هایپوکسی بر زمان

واکنش<sup>۱</sup> باشد که با نتایج حاصل از مطالعه ما مطابقت داشت. آزمون K-D شامل سه معیار بود و به عنوان ابزاری حساس در شناخت اختلالات عصبی - شناختی<sup>۲</sup> به‌کار می‌رود. در این آزمون ارتباط سیستم بینایی، توجه، تکلم و زبان و سایر مناطقی که در ساقه مغز، مخچه و قشر مغزی وجود دارد، بررسی می‌شود [۱۲]. مطالعه ما نیز نشان داد زمان واکنش در مقایسه با مقادیر پایه افزایش قابل توجهی داشته است.

گاله‌تا و همکاران در سال ۲۰۱۱ از آزمون K-D در قهرمانان ورزشی دانشگاه پنسیلوانیا جهت بررسی اختلالات شناختی ناشی از ضربات به سر این ورزشکاران استفاده نمود و تغییر در نمره آزمون مربوطه (مدت زمان خواندن کارت‌های آزمون و تعداد غلطها) به‌صورت معنی‌داری در افرادی که در حین ورزش ضربه به سر داشتند بالاتر بود. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این بود که اختلالات شناختی ناشی از هایپوکسی قبل از بروز نشانه‌ها ایجاد می‌شود که توسط شخص قابل گزارش یا مشاهده نیست بلکه در آزمون‌های کمی مشخص می‌شود (نشانه‌های پره‌سمپتوماتیک) و آزمون K-D آنها را ارزیابی می‌کند. ویژگی این آزمون این است که مؤلفه یادگیری در آن تأثیرگذار نیست. در این مطالعه یک همبستگی معنی‌دار بین نتایج آزمون K-D و محرومیت از خواب وجود داشت که می‌تواند در مطالعات آینده مورد بررسی قرار گیرد [۱۸].

آموزش هایپوکسی ناشی از کاهش فشار به‌وسیله اتاقک کم فشار به‌صورت معمول هر پنج سال (در ایران هر سه سال) جهت یادآوری و آموزش، تکرار می‌گردد (براساس پروتکل ابلاغ سازمانی). میزان سوانح ناشی از هایپوکسی در هوانوردی مدرن به علت طراحی سیستم اکسیژن رسانی پیشرفته و آموزش‌های لازم در حداقل ممکن است. به‌دلیل اثرات فیزیولوژیکی و کاهش اعمال شناختی، هایپوکسی حاد برای چندین دهه مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج این مطالعات سنگ بنای آموزش و

1. Reaction Time  
2. Neurocognitive Impairment

تفاوت بسیار اندکی داشت که مانند مطالعه استپانک و همکاران ممکن است به خاطر اثرخستگی مراحل پروتکل پروازی بوده باشد.

براساس مطالعات قبل و نتایج مطالعه حاضر، آزمون K-D به عنوان یک ابزار قابل تکرار، سریع و کمی برای تشخیص نشانه‌های اولیه از اختلالات شناختی هایپوکسی قابل طرح است. در نتیجه این مطالعه نشان داد که آزمون K-D به عنوان یک آزمون عصبی - شناختی قابل اجرا و مؤثر برای تشخیص اختلالات عملکرد شناختی در مرحله پره‌سمپتوماتیک هایپوکسی است.

مطالعات بعدی می‌تواند گواه استفاده از این آزمون جهت بررسی شرایط هایپوکسی در عملیات هوا فضا و همین‌طور ارتباط محل سکونت شخص، آمادگی جسمانی، اختلالات خواب و شرایط هایپوکسی در مراحل پره‌سمپتوماتیک باشد.

سبب پیشرفت فن‌آوری هوانوردی مدرن شده است [۱۰]. در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۳ که توسط ماله و همکارانش انجام شد، اختلال حافظه کاری در خلبانانی که در معرض هایپوکسی هایپوباریک قرار می‌گرفتند بررسی شد. در این تحقیق ۲۸ داوطلب در معرض ارتفاع ۳۱ هزار پا در اتاقک کم فشار و ۲۹ نفر گروه کنترل در ارتفاع سطح دریا در شرایط نورموکسی قرار گرفتند. حافظه کاری به صورت قابل توجه‌ای در شرایط هایپوکسی دچار اختلال شد. در این تحقیق از آزمون‌های شنوایی و نوار مغز جهت بررسی حافظه کاری استفاده و اشباع اکسیژن شریانی داوطلبین در تمام مراحل اندازه‌گیری شد [۱۹].

هایپوکسی ناشی از کاهش فشار اتمسفر عموماً جدی‌ترین خطر فیزیولوژیک پرواز در ارتفاع بالا است، زیرا در هنگام صعود، فشار بارومتريک افت می‌کند و تنفس هوای محیطی منجر به افت فشار نسبی اکسیژن در ریه می‌شود [۹]. در مطالعه حاضر صعود به ارتفاع ۲۵۰۰۰ پایی سبب کاهش معنادار اکسیژن خون شریانی شد.

در این مطالعه کاهش اشباع خون شریانی به ۸۳/۷۷٪ منجر به افزایش زمان عکس العمل و تعداد اشتباهات شد که این یافته با دیگر مطالعاتی که کاهش اختلال در عملکرد شناختی را گزارش کردند همخوانی دارد. علت آن می‌تواند این باشد که وضعیت هایپوکسی بر انتقال اکسیژن به مغز و میزان جریان خون مغزی تأثیر می‌گذارد [۲۰].

امتیاز این مطالعه نسبت به مطالعات قبلی استفاده از داوطلبانی بوده که خود خلبان نظامی بودند (به جای استفاده از ورزشکاران و کوهنوردان) و جهت آموزش علایم هایپوکسی به اتاقک کم فشار مراجعه نموده بودند.

محدودیت آزمون‌های عصبی - شناختی در تأثیرات یادگیری است که به عنوان یک مؤلفه اجرایی در طول انجام آزمون‌ها ممکن است افزایش یابد [۱۲]. در مطالعه حاضر زمان انجام آزمون در مرحله نورموکسی قبل و بعد از پرواز که برای بررسی تأثیر عامل مخدوش کننده یادگیری در مطالعه به کار رفت



## References

1. Eslami R, Emami K, Takzare A. Clinical role of pulse oximetry in early detection of hypoxia among pilots during flight. *Ebnesina*. 2017; 18(4):11-21. [Persian]
2. Cataldi A, Zingariello M, Rapino M, Zara S, Daniele F, Di Giulio C, et al. Effect of hypoxia and aging on PKC delta-mediated SC-35 phosphorylation in rat myocardial tissue. *Anatomical record*. 2009; 292(8):1135-1142.
3. Woodrow AD, Webb JT, Wier GS. Recollection of hypoxia symptoms between training events. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2011; 82(12):1143-1147.
4. Reinhart RO. *Basic flight physiology*. 3rd ed. New York: McGraw Hill; 2008.
5. Legg S, Hill S, Gilbey A, Raman A, Schlader Z, Mündel T. Effect of mild hypoxia on working memory, complex logical reasoning, and risk judgment. *The international journal of aviation psychology*. 2014; 24(2):126-140.
6. Neuhaus C, Hinkelbein J. Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training. *Psychology research and behavior management*. 2014; 7:297-302.
7. 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; 6:1-12.
8. 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.
9. Rainford DJ, Gradwell DP. *Ernsting's aviation and medicine*. 4th ed. London: Hodder Arnold; 2006.
10. Files DS, Webb JT, Pilmanis AA. Depressurization in military aircraft: rates, rapidity, and health effects for 1055 incidents. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2005; 76(6):523-529.
11. Cable GG. In-flight hypoxia incidents in military aircraft: causes and implications for training. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2003; 74(2):169-172.
12. 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.
13. Davis JR, Johnson R, Stepanek J. *Fundamentals of aerospace medicine*. 4th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
14. Shukitt-Hale B, Banderet LE, Lieberman HR. Elevation-dependent symptom, mood, and performance changes produced by exposure to hypobaric hypoxia. *The international journal of aviation psychology*. 1998; 8(4):319-334.
15. Johnston BJ, Iremonger GS, Hunt S, Beattie E. Hypoxia training: symptom replication in experienced military aircrew. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2012; 83(10):962-967.
16. Turner CE, Barker-Collo SL, Connell CJW, Gant N. Acute hypoxic gas breathing severely impairs cognition and task learning in humans. *Physiology & behavior*. 2015; 142:104-110.
17. King-Devick Test. [Accessed 2017 June 23]; Available from: <https://kingdevicktest.com/>.
18. Galetta KM, Brandes LE, Maki K, Dziemianowicz MS, Laudano E, Allen M, et al. The King-Devick test and sports-related concussion: study of a rapid visual screening tool in a collegiate cohort. *Journal of the neurological sciences*. 2011; 309(1-2):34-39.
19. Malle C, Quinette P, Laisney M, Bourrillon C, Boissin J, Desgranges B, et al. Working memory impairment in pilots exposed to acute hypobaric hypoxia. *Aviation, space, and environmental medicine*. 2013; 84(8):773-779.
20. 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 applicability of King-Devick test in early detection of cognitive impairments due to induced hypoxia in military pilots

\*Ehteshami S<sup>1</sup>, Nezami Asl A<sup>2</sup>, Khademi A<sup>2</sup>, Eslami R<sup>2</sup>, Riahi S<sup>3</sup>, Mohsenzadeh HR<sup>4</sup>

### Abstract

**Background:** Hypoxia is one of the major threats to human health in high altitude. Considering the importance of hypoxia experience by military pilots and educating them how to deal with this condition, this study was designed to assess the applicability of King-Devick (K-D) test in early recognition of cognitive impairments due to induced hypoxia.

**Materials and methods:** Totally, 60 military pilots who were candidate to experience hypoxia in hypobaric chamber were randomly enrolled the study. Study process included the following steps: training, filling the questionnaire, K-D test in normoxic condition, denitrogenation, preparation for hypoxia, Eustachian tube performance test, simulating 25,000 ft altitude, K-D test in hypoxic condition, reusing oxygen mask.

**Results:** The mean age of candidates was  $31.78 \pm 7.74$  years. About 46.7% of them had normal weight and 53.3% were overweight and 31.7% were smokers. The average flight time was  $1168.35 \pm 1345.21$  hours. The average K-D time in normoxic condition was  $45.54 \pm 5.43$  seconds and 71.7% of pilots had no mistake in reading numbers. The mean K-D time in hypoxic condition was  $52.98 \pm 5.86$  and 98.3% of pilots made 1 to 11 mistakes. Results show that smokers significantly had longer K-D time than non-smokers. There was no other significant difference between groups in terms of average K-D time and number of mistakes.

**Conclusion:** It seems that this study was the first one using K-D test in early recognition of cognitive impairments due to induced hypoxia in military pilots. It revealed that smoking significantly increases K-D time. Other factors like age, weight, and flight time did not show significant impact on K-D time and number of errors.

**Keywords:** Cognitive Impairments, Pilots, Military, Altitude Hypoxia, Simulation Training

1. Specialist in aerospace and subaquatic medicine, Faculty of aerospace and subaquatic medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
(\*Corresponding Author)  
saeid.ehteshami@yahoo.com

2. Assistant professor, Faculty of aerospace and subaquatic medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. PhD in sport physiology, Faculty of medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4. MSc in clinical psychology, Faculty of aerospace and subaquatic medicine, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran