

## هیپرونتیلیسیون در هوانوردی و غواصی نظامی

\* حمزه شاه علی<sup>۱</sup>، آزاده امیرآبادی فراهانی<sup>۲</sup>

تاریخ اعلام وصول: ۹۱/۴/۳

تاریخ اعلام قبولی مقاله: ۹۱/۷/۱۶

## چکیده

**سابقه و هدف:** یکی از مهم ترین مخاطرات هوانوردی (خصوصا در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا) و دریانوردی (خصوصا در اعماق بیش از ۳۰ متر) هیپرونتیلیسیون است که منجر به مشکلات و خطرات جدی می شود. اولین مشکلات زمانی حادث شد که طی جنگ های جهانی اول و خصوصا دوم هنگامی که خلبانان در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا پرواز می کردند ضمن برخورد با استرس های جسمی و روانی دچار عوارض و نشانه هایی شدند که گاهی منجر به سقوط پرنده و مرگ آنان می شد.

**مواد و روش ها:** این مقاله حاصل مجموعه اطلاعات مدون در زمینه هیپرونتیلیسیون ماهیت و چگونگی ایجاد، پیشگیری و مقابله با آن و اثرات مخرب آن از کتب معتبر موجود در این زمینه می باشد.

**یافته ها:** علت ایجاد هیپرونتیلیسیون ایجاد هر نوع استرس اعم از جسمی و روانی است که از آن جمله می توان به تغییرات محیطی (دما، فشار و...)، برخورد با شرایط اضطرابی، تغییرات فیزیولوژیکی، تغییرات سایکولوژیکی و غیره اشاره نمود. علائم و نشانه های آن به اشکال مختلفی ظاهر می شود که در تمام افراد متفاوت است. این علائم شامل اختلالات حسی و حرکتی، سایکوموتور، شناختی، نورو ماسکولار، هوشیاری و مرگ می باشد. مخاطرات مذکور در هوانوردی نظامی بدلیل عملکرد اجرایی بالاتر و دریانوردی سطحی، زیرسطحی بدلیل استرسورهای متنوع دارای اهمیت است.

**بحث و نتیجه گیری:** آنجا که گروه های فضایی (فضانوردان)، گروه های پروازی (خلبانان)، گروه های دریایی (غواصان) و ورزشکاران همواره باید در طول فعالیت خود واجد هوشیاری و کارکرد کامل باشند (خصوصا در حیطه نظامی). لذا شناخت هیپرونتیلیسیون، عوارض، پیشگیری و درمان آن برای جمعیت هدف حائز اهمیت انکار ناپذیری است که ضامن اجرای امن و موفق هر فعالیت یا عملیات می باشد. این مقاله در همایش طب پیشگیری و بهداشت شناورهای سطحی و زیرسطحی سال ۱۳۸۹ بندرعباس ارائه گردیده است.

**کلمات کلیدی:** هیپرونتیلیسیون، هوانوردی، دریانوردی، فضانوردی

## مقدمه

طی جنگ های جهانی اول و خصوصا جنگ جهانی دوم هنگامی که خلبانان در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا پرواز می کردند ضمن برخورد با استرس های جسمی و روانی دچار عوارض و نشانه هایی شدند که گاهی منجر به سقوط پرنده و مرگ آنان می شد. هیپرونتیلیسیون در هوا، فضا، دریانوردان و کلیه مشاغل مرتبط با استرس اتفاق می افتد.

یکی از مهم ترین مشکلات در زمینه هوانوردی بویژه در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا و دریانوردی (غواصی) خصوصا در اعماق بیش از ۳۰ متر، هیپرونتیلیسیون (Hyperventilation) است که منجر به مشکلات و مخاطرات جدی می شود. اولین مشکلات زمانی حادث شد که

۱- دستیار، ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی ارتش، دانشکده طب هوا فضا و زیرسطحی (\*نویسنده مسئول)

تلفن: ۰۲۱-۸۸۳۳۵۷۶۹ آدرس الکترونیک: hamzeh\_shahali@yahoo.com

۲- دستیار، ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده پزشکی، گروه آسیب شناسی پزشکی، مجتمع بیمارستانی امام خمینی (ره)

یا دمای آن با تاثیر بر این دو فاکتور مهم در سایر بافت‌ها و ایجاد اختلال در عملکرد مناسب آنزیم‌ها و کوآنزیم‌ها (دنا توره شدن آن‌ها)، انجام واکنش‌های شیمیایی بدن را با مشکل مواجه می‌سازد. (۵)

#### علت شناسی (Aetiology)

هیپرونتیلیاسیون در اکثر موارد یک پاسخ طبیعی به هیپوکسی بوده و زمانی حادث می‌گردد که میزان فشار آلوئولار اکسیژن ( $P_{A}O_2$ ) به کمتر از ۵۵-۶۰ mmHg برسد. (۶)

سایر علل ایجاد آن عبارتند از: فشارهای روانی و فشارهای جسمی و احتباس ارادی هوای دمی جهت غوص در آب که اکثرا توسط غواصان و شناگران انجام می‌گیرد. (۷)

انواع فشار روانی عبارتند از: قلیان عواطف، اضطراب، ترس و هراس بیمار گونه (انواع فوبیا)، عصبانیت و پرخاشگری، تجربه وضعیت‌های جدید و ناآشنا، وضعیت‌های اضطراری و... (۸)

انواع فشارهای جسمی عبارتند از: تغییرات فشار و دما (سرما و گرما)، شروع ناگهانی فعالیت‌های جسمی سنگین، مسمومیت‌ها، داروها، درد، لرزش با فرکانس ۴ تا ۸ هرتز، بیماری حرکت (Motion Sickness)، تنفس با فشار مثبت و... (۹)

یکی از مشکلات که در حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد از دانشجویان خلبانی ضمن پروازهای آموزشی با آن روبرو می‌شوند هیپرونتیلیاسیون است. همچنین ضمن برخورد کادر پروازی با وضعیت‌های اضطراری، پروازهای آغازین خلبانان با هواپیماهای جدید، غواصی در آب‌های تاریک و عمیق و... همگی نمونه‌هایی از وقوع هیپرونتیلیاسیون در کادر پروازی و دریایی است. (۱۰)

#### تابلوی فیزیولوژیک هیپرونتیلیاسیون

کاهش غلظت  $CO_2$  خون (Hypocapnia) باعث انقباض عروق مغز و پوست و اتساع عروق عضلات اسکلتی می‌شود اما تاثیری بر فشار خون یا بازده قلبی (Cardiac Output) ندارد. بدین ترتیب بافت مغزی دچار هیپوکسی می‌گردد. آستانه تحریک عصبی کاهش یافته و حرکات غیر ارادی، اختلالات حسی مانند فلج حسی صورت و انتهاها و اختلالات حرکتی و تنانی ظاهر می‌گردد. (۱۱)

انواعی از لیاف عصبی دستخوش اختلال می‌شوند که در ابتدا حس لمس (Touch)، موقعیت (Position)، فشار (Pressure) و لرزش

یکی از مهم‌ترین تغییرات فیزیولوژیک برانگیزاننده هیپرونتیلیاسیون، هیپوکسی (Hypoxia) است. (۱)

بدلیل اهمیت بالای پیشگیری و درمان هیپرونتیلیاسیون، جلوگیری از وقوع عوارض طبی و عواقب نامناسب عملیاتی (بویژه در عملیات‌های نظامی هوایی و دریایی) آشنایی کامل با آن برای جمعیت هدف و در معرض خطر (خصوصا در نیروهای مسلح) کاملا ضروری به نظر می‌رسد.

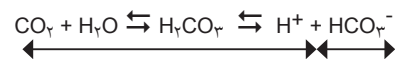
جمعیت هدف و افراد در معرض خطر (High Risk Persons) عبارتند از: خلبانان، غواصان، نیروهای ویژه عملیات‌های هوایی و دریایی، پرسنل پروازی، پرسنل شناورهای سطحی و زیر دریایی‌ها، گروه مهندسان هوا فضا و زیر سطحی، کادر بهداشت و درمان هوا فضا و زیر سطحی و... (۲)

#### یافته‌ها

##### تعریف هیپرونتیلیاسیون

شرایطی است که در طی آن میزان تهویه ریوی (Pulmonary Ventilation) بیشتر از نیاز بافت‌های بدن برای دفع دی‌اکسیدکربن تولید شده می‌باشد. در نتیجه افزایش دفع ریوی دی‌اکسیدکربن میزان فشار متوسط این گاز در ریه‌ها، گردش خون و بافت‌ها (خصوصا CNS: Central Neural System) کاهش می‌یابد. (۳)

بین محتوی خونی دی‌اکسیدکربن و غلظت یون هیدروژن ارتباط نزدیکی می‌باشد:



این بخش در پلاسما انجام می‌گردد این بخش از واکنش در داخل Rbc انجام می‌گردد

کاهش  $CO_2$  باعث تغییر جهت تعادل به سمت چپ شده و با کاهش میزان تولید یون هیدروژن ( $H^+$ ) و در نتیجه افزایش میزان PH خون حالتی به نام آلکالوزیس (قلیایی شدن) ایجاد می‌گردد. در ابتدا که میزان کاهش یون هیدروژن زیاد نیست سیستم بافر خون در برابر تغییر PH مقاومت می‌کند. در ادامه با کاهش بیشتر اسیدیته خون آلکالوز ایجاد شده و موجب اختلال در بخش عمده‌ای از فعل و انفعالات شیمیایی بدن می‌شود. (۴)

انجام کلیه واکنش‌های شیمیایی بدن در PH فیزیولوژیک (خشتی) معادل ۷/۳۵ - ۷/۴۵ انجام پذیر است. هر گونه تغییر در PH خون

جدول ۱- ارتباط میزان  $PCO_2$  خون و تغییرات فیزیولوژیک

$PCO_2 = 25 - 30$	$25 > PCO_2 > 15$	$15 < PCO_2 < 20$
اختلال عملکرد ظهور امواج آهسته در الکتروانسفالوگرام	اختلالات سایکوموتور (Tracking And Complex Coordination Tests) افزایش زمان پاسخ دهی (Reaction Time) عدم توانایی در انجام فرایندهای پیچیده مغزی مانند محاسبه از بین رفتن کاهش هوشیاری	اسپاسم عضلانی کاهش شدید هوشیاری کما پایداری دست ها

(Extension) هستند و مچ پا در وضعیت پلانتر فلکسیون (Plantar Flexion) قرار دارد. همچنین اسپاسم عضلات صورت باعث سفت شدن و بالا رفتن گوشه‌های دهان شده که به آن لبخند شیطانی (Risus Sardonius) می‌گویند. (۱۵)

هنگامی که میزان  $PaCO_2$  به کمتر از  $15 \text{ mmHg}$  می‌رسد انقباض تونیک عضلات اسکلتی بدن و سفت شدن آن‌ها، حالتی به نام تتانی پدید می‌آورد. (۱۶)

بدنبال بیهوش شدن فرد کاهش میزان تهویه ریوی و دفع دی‌اکسیدکربن میزان خونی آن افزایش یافته و به سطح طبیعی می‌رسد. این امر گاهی می‌تواند باعث برگشت خودبخودی هوشیاری در بیمار گردد. (۱۷)



تصویر ۱- نمای بالینی اسپاسم کارپوپدال

(Vibration) مختل شده و در ادامه لیاف حرکتی (Neuron Motor) و سپس حس سرما (Cold)، گرما (Heat) و در نهایت حس درد (Pain) مختل می‌گردد. (۱۲)

## تابلوی بالینی هیپرونتیلیسیون

اولین علائم هیپرونتیلیسیون زمانی ظاهر می‌شود که میزان فشار شریانی دی‌اکسید کربن ( $PaCO_2$ ) به کمتر از  $25-20 \text{ mmHg}$  برسد. معمولاً تظاهرات اولیه بصورت سبکی سر (Light Headedness)، سرگیجه (Dizziness)، اضطراب (Anxiety) و پارسستی (مورمور یا گزگز) انتهاها و اطراف لب‌ها است. نکته‌ای که در زمینه اضطراب وجود دارد آن است که اضطراب باعث هیپرونتیلیسیون شده و از طرف دیگر بروز هیپرونتیلیسیون اضطراب زاست و در این حالت یک سیکل معیوب (Vicious Cycle) ایجاد می‌گردد. (۱۳)

زمانی که میزان  $PaCO_2$  به کمتر از  $20-15 \text{ mmHg}$  برسد اسپاسم عضلانی خصوصاً در اندام‌ها و صورت رخ می‌دهد. (۱۴) انقباض مجموعه عضلات مچ دست و مچ پا، دست و پا باعث ایجاد اسپاسم کارپوپدال (Carpo-Pedal) خواهد شد. در این حالت انگشت شست در امتداد کف دست خم (Flexion) شده، دست و مچ دست خم شده، مفاصل متاکارپوفارنژیال نیز خم بوده و مفاصل اینترفارنژیال باز

جدول ۲- ارتباط علائم بالینی آلکالوزیس و  $PCO_2$  خون

$PCO_2 < 20 - 25$	$PCO_2 < 15 - 20$	$PCO_2 < 15$
Light Headedness	Muscular Spasm	Tetany
Dizziness	Carpo-Pedal Spasm (Main De Accoucheur)	Mental & Physical Impairment
Anxiety	Plantar Flexion	Loss Of Consciousness
Tingling	Risus Sardonius	Coma
	DTR Augmentation	
	Positive Chvostek's Sign	

### بحث و نتیجه گیری

با عنایت به مطالب فوق الذکر و از آنجا که گروه‌های فضایی (فضانوردان)، گروه‌های پروازی (خصوصاً خلبانان)، گروه‌های دریایی (خصوصاً غواصان) و ورزشکاران همواره باید در طول فعالیت (ماموریت) خود واجد هوشیاری و توجه، سلامت و کارکرد کامل باشند (خصوصاً در حیطه نظامی). لذا شناخت هیپرونتیلیسیون، عوارض، پیشگیری و درمان آن برای جمعیت هدف حائز اهمیت فراوان و انکار ناپذیری است که ضامن اجرای امن و موفق هر فعالیت یا عملیات می‌باشد. ضمناً این مقاله در همایش طب پیشگیری و بهداشت شناورهای سطحی و زیر سطحی سال ۱۳۸۹ بندرعباس ارائه گردیده است.



تصویر ۲- نمای بالینی لبخند شیطانی

### References

- 1- Rainford DJ, Gradwell DP. *Ernsting's Aviation Medicine*. 4th Edition. London: Hodder Education; 2006.
- 2- West JB. *Respiratory Physiology: The Essentials*. 7th ed. PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2004.
- 3- Anonymous. ICAO; 2012 [cited 2012]. Available from: <http://www.icao.int/Pages/default.aspx>.
- 4- Anonymous. Federal Aviation Association: Federal Aviation Association; [cited 2012]. Available from: <http://foa.gov>.
- 5- Lumb AB, Nunn JF. *Nunn's applied respiratory physiology*. 7th ed. / Andrew B. Lumb ; foreword by Ronald G. Pearl. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2010.
- 6- DeHart RL, Davis JR. *Fundamentals of aerospace medicine*: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
- 7- Harding R, Gradwell D. *The earth's atmosphere*. Aviation medicine Oxford: Butterworth-Heinemann 2004.
- 8- Hadi S. *Basic Flight Physiology*. Tehran: Sepah; 2007. [Persian]
- 9- Andrews DG. *An introduction to atmospheric physics*. Cambridge: Cambridge University Press; 2003.
- 10- Sharafi J. *Air Medicine Transport*. Tehran: Iran Aseman Air Ambulance Publications; 2004. [Persian]
- 11- Farzampour SH. *Medicine in Space*. Tehran: Jahad Daneshgahi; 2010. [Persian]
- 12- Nabipour I. *Marine Medicine*. Booshehr: Booshehr University of Medical Sciences; 2007. [Persian]
- 13- Jalali SM. *Aviation Medicine & the Airline Passengers*. Tehran: Arjmand; 2006. [Persian]
- 14- Farzampour SH. *Fundamental of Aviation Medicine*. Tehran: Jahad Daneshgahi; 2009. [Persian]
- 15- Edmonds C. *Diving & Subaquatic Medicine*. 4th ed. London: Arnold; 2004.
- 16- Bove AA, Davis JC. *Bove and Davis' diving medicine*. 4th ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 2004.
- 17- Ghazizade K. *Rapid Review of Aviation Physiology*. Tehran: Tolou; 2009. [Persian]

## پرسش نامه

۶- اولین علائم هیپوکاپنی بطور تقریبی در چه میزان از دی

اکسیدکربن خون شریانی رخ می دهد؟

الف) ۲۰-۲۵ mmHg

ب) ۲۵-۳۰ mmHg

ج) ۳۰-۳۵ mmHg

د) ۳۵-۴۰ mmHg

۱- در هیپرونتیلیاسیون میزان تهویه ریوی..... از نیاز بافتی بوده

و موجب..... می شود.

الف) کمتر، اسیدوز تنفسی (ب) بیشتر، آکالوز تنفسی

ج) کمتر، آکالوز تنفسی (د) بیشتر، اسیدوز تنفسی

۲- PH مناسب جهت انجام مناسب فعل و انفعالات شیمیایی بدن

به کدام مورد نزدیک است؟

الف) ۷/۳۵ تا ۷/۲۵ (ب) ۷/۵۵ تا ۷/۴۵

ج) ۷/۴۵ تا ۷/۳۵ (د) ۷/۳۰ تا ۷/۲۰

۳- کدامیک از موارد ذیل از علل هیپرونتیلیاسیون نیست؟

الف) هیپراکسی

ب) فشارهای روانی

ج) فشارهای جسمی

د) احتباس ارادی هوای دمی جهت غوص در آب

۴- کدام مورد ذیل در ارتباط با هیپوکاپنی صحیح نمی باشد؟

الف) انقباض عروق مغز

ب) انقباض عروق پوست

ج) اتساع عروق عضلات اسکلتی

د) افزایش فشار خون و بازده قلبی

۵- آخرین حسی که در هیپوکاپنی دستخوش تغییر می گردد کدام

است؟

الف) لمس (ب) موقعیت

ج) فشار (د) درد

پاسخ نامه				شماره سؤال
د	ج	ب	الف	
				۱
				۲
				۳
				۴
				۵
				۶

نام و نام خانوادگی پاسخ دهنده: .....

آدرس پستی و تلفن تماس پاسخ دهنده: .....

.....

.....

خواهشمند است جهت کسب امتیاز بازآموزی پاسخ های خود را به

آدرس: تهران خیابان فاطمی غربی، خیابان شهید اعتمازاده، جنب

بیمارستان امام رضا (ع) (۵۰۱)، ساختمان مرکزی دانشگاه علوم پزشکی

ارتش جمهوری اسلامی ایران، طبقه سوم، دفتر مجله ارسال نمایید.

# Hyperventilation in Military Aviation and Diving

\*Shahali.H<sup>1</sup>, Khademi.A<sup>2</sup>

Received: 23 Jun 2012

Accepted: 7 Oct 2012

## Abstract

**Background:** The most important risk of aviation( in altitude over 10 thousand feet) and sub aquatic seafaring (in depth exceed over 30 meters) is hyperventilation. The problems manifested itself at first and especially second world war when pilots flew at altitude over 10 thousand feet. Those pilots had some signs and symptoms while faced mental and physical stresses that eventuated in aircraft crash.

**Material and Methods:** This study collected related data from several books, articles and knowledge about military and civil aviation.

**Results:** Etiology of hyperventilation is related to stressing (mental and physical problems) such as ambient changes (temperature, pressure and, etc), face to emergency situations, physiological and mental changes and, etc. Signs and symptoms were different in everyone this manifestations cause from motor and sensory impairment, psychomotor, cognitive, neuromuscular, consciousness and death. These risks are more important in military aviation due to highest performance and in seafaring because stresses in the work.

**Conclusion:** The astronauts, air crews, sea crews and athletics always have consciousness and higher performance. Thus informing them about hyperventilation and its complications, prevention and treatment for population are necessary.

**Keywords:** Hyperventilation, Aviation, Seafaring, Astronavigation

1- (\*Corresponding Author) Resident, Aerospace and Diving Medical Faculty, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran  
Tel: +98 21 88335769 E-mail: hamzeh\_shahali@yahoo.com

2- Resident, Department of Pathology, School of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran