

هیپرونتیلیسیون در هوانوردی و غواصی نظامی

* حمزه شاه علی^۱، آزاده امیرآبادی فراهانی^۲

تاریخ اعلام وصول: ۹۱/۴/۳

تاریخ اعلام قبولی مقاله: ۹۱/۷/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مهم‌ترین مخاطرات هوانوردی (خصوصاً در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا) و دریانوردی (خصوصاً در اعماق بیش از ۳۰ متر) هیپرونتیلیسیون است که منجر به مشکلات و خطرات جدی می‌شود. اولین مشکلات زمانی حادث شد که طی جنگ‌های جهانی اول و خصوصاً دوم هنگامی که خلبانان در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا پرواز می‌کردند ضمن برخورد با استرس‌های جسمی و روانی دچار عوارض و نشانه‌هایی شدند که گاهی منجر به سقوط پرنده و مرگ آنان می‌شد.

مواد و روش‌ها: 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 می‌باشد.

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

بحث و نتیجه‌گیری: آنجا که گروه‌های فضایی (فضانوردان)، گروه‌های پروازی (خلبانان)، گروه‌های دریایی (غواصان) و ورزشکاران همواره باید در طول فعالیت خود واجد هوشیاری و کارکرد کامل باشند (خصوصاً 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 می‌باشد. 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 جنگ‌های جهانی اول و خصوصاً جنگ جهانی دوم هنگامی که خلبانان در ارتفاع بالاتر از ۱۰ هزار پا پرواز می‌کردند ضمن برخورد با استرس‌های جسمی و روانی دچار عوارض و نشانه‌هایی شدند که گاهی منجر به سقوط پرنده و مرگ آنان می‌شد. هیپرونتیلیسیون در هوا، فضا، دریانوردان و کلیه مشاغل مرتبط با استرس اتفاق می‌افتد.

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

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

آدرس الکترونیک: hamzeh_shahali@yahoo.com

تلفن: ۰۲۱-۸۸۳۳۵۷۶۹

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 بافت ها و ایجاد اختلال در عملکرد مناسب آنزیم ها و کو آنزیم ها (دنا توره شدن آن ها)، انجام واکنش های شیمیایی بدن را با مشکل مواجه می سازد. (۵)

علت شناسی (Aetiology)

هیپرونتیلیاسیون در اکثر موارد یک پاسخ طبیعی به هیپوکسی بوده و زمانی حادث می گردد که میزان فشار آلوئولار اکسیژن (P_{AO_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 می گیرد. (۷)

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

انواع فشارهای جسمی عبارتند از: تغییرات فشار و دما (سرما و گرما)، شروع ناگهانی فعالیت های جسمی سنگین، مسمومیت ها، 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 می شوند هیپرونتیلیاسیون است. همچنین ضمن برخورد کادر پروازی با وضعیت های اضطراری، پروازهای آغازین خلبانان با هواپیماهای جدید، غواصی در آب های تاریک و عمیق و... همگی نمونه هایی 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 می شود اما تاثیری بر فشار خون یا بازده قلبی (Cardiac Out Put) ندارد. بدین ترتیب بافت مغزی دچار هیپوکسی می گردد. آستانه تحریک عصبی کاهش یافته و حرکات غیر ارادی، اختلالات حسی مانند فلج حسی صورت و انتهاها و اختلالات حرکتی و تتانی ظاهر می گردد. (۱۱)

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

یکی از مهم ترین 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 عملیات های نظامی هوایی و دریایی) آشنایی کامل با آن برای جمعیت هدف و در معرض خطر (خصوصا در نیروهای مسلح) کاملا ضروری به نظر می رسد.

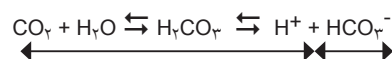
جمعیت هدف و افراد در معرض خطر (High Risk Persons) عبارتند از: خلبانان، غواصان، نیروهای ویژه عملیات های هوایی و دریایی، پرسنل پروازی، پرسنل شناورهای سطحی و زیر دریایی ها، گروه مهندسان هوا فضا و زیر سطحی، کادر بهداشت و درمان هوا فضا و زیر سطحی و.... (۲)

یافته ها

تعریف هیپرونتیلیاسیون

شرایطی است که در طی آن میزان تهویه ریوی (Pulmonary Ventilation) بیشتر از نیاز بافت های بدن برای دفع دی اکسید کربن تولید شده می باشد. در نتیجه افزایش دفع ریوی دی اکسید کربن میزان فشار متوسط این گاز در ریه ها، گردش خون و بافت ها (خصوصا CNS: Central Neural System) کاهش می یابد. (۳)

بین محتوی خونی دی اکسید کربن و غلظت یون هیدروژن ارتباط نزدیکی می باشد:



این بخش در پلاسما انجام می گردد این بخش از واکنش در داخل Rbc انجام می گردد

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 می گردد. در ابتدا که میزان کاهش یون هیدروژن زیاد نیست سیستم بافر خون در برابر تغییر PH مقاومت می کند. در ادامه با کاهش بیشتر اسیدیته خون آلکالوز ایجاد شده و موجب اختلال در بخش عمده ای از فعل و انفعالات شیمیایی بدن می شود. (۴)

انجام کلیه واکنش های شیمیایی بدن در PH فیزیولوژیک (خنثی) 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 ۱۵ 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 دی اکسیدکربن 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 الیاف 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 دی اکسید کربن ($PaCO_2$) به کمتر از ۲۵-۲۰ 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 ۲۰-۱۵ mmHg برسد اسپاسم عضلانی خصوصاً در اندام‌ها و صورت رخ می‌دهد. (۱۴) انقباض مجموعه عضلات مچ دست و مچ 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 انکارناپذیری است که ضامن اجرای امن و موفق هر فعالیت یا عملیات می‌باشد. ضمناً این مقاله در همایش طب پیشگیری و بهداشت شناورهای سطحی و زیرسطحی 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 هیپرونتیلیسیون 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 هیپرونتیلیسیون 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.H¹, Khademi.A²

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