

مخاطرات ناشی از صعود سریع

* حمزه شاه‌علی^۱، آزاده امیرآبادی فراهانی^۲

تاریخ اعلام قبولی مقاله: ۱۳۹۰/۱۲/۳

تاریخ اعلام وصول: ۱۳۹۰/۷/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: از زمان اولین پرواز بشر یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در زمینه هوا و فضا نوردی ناآشنایی با ماهیت جو پوشاننده اطراف کره زمین بوده است. تلاش‌های بی‌بدیل و خستگی‌ناپذیر محققین علوم هوایی و فضایی سبب شد تا ابهامات موجود در این خصوص به شکل چشمگیری مرتفع شود، چرا که ورود انسان در یک محیط ناشناخته و پر مخاطره واجد چنین آگاهی‌هایی می‌باشد. **مواد و روش‌ها:** مقاله حاضر حاصل مجموعه اطلاعات و داده‌های گردآوری شده در خصوص جو کره زمین از کتب معتبر موجود در این زمینه می‌باشد.

یافته‌ها: اتمسفر زمین از مجموع ۵ لایه مختلف تشکیل شده که هر لایه دارای ویژگی‌های خاصی بوده و بر اساس پارامتر دما به ترتیب (از سطح دریا) شامل: تروپوسفر، استراتوسفر (از نسفر)، مزوسفر، ترموسفر (یونسفر) و آگروسفر می‌باشد. این لایه‌های فرضی از نظر دما، فشار، میزان بخار آب و غیره تفاوت دارند. ضخامت اتمسفر (به دلیل اختلاف دما) در نقاط مختلف کره زمین متفاوت است. با صعود به ارتفاع کاهش رقت، فشار و غلظت اکسیژن رخ می‌دهد. در استوا ضخیم‌تر و در قطبین نازک‌تر است.

بحث و نتیجه‌گیری: فعالیت همزمان و هماهنگ نیروی هوایی و بخش هوایی نیروی دریایی در کنار نیروهای سطحی و زیرسطحی جهت انجام موفق کلیه عملیات‌های محوله نیروی دریایی ضروری است. لذا اطلاع کافی از ویژگی‌های مهم اتمسفر برای خلبانان، ملوانان، مهندسین و پزشکان هوا فضا و زیر سطحی، پرستاران و امدادگران هوایی و دریایی و ورزشکاران ضروری به نظر می‌رسد.

این مقاله در همایش طب پیشگیری و بهداشت شناورهای سطحی و زیرسطحی سال ۱۳۸۹ بندرعباس ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی: اتمسفر، هوانوردی، فضا نوردی، ورزشکاران

مقدمه

ماندگار شد (۱).

پس از آن انقلابی در تولید و تجهیز انواع هواپیما و هلیکوپتر صورت گرفت. بیشترین پیشرفت بشر در علوم هوانوردی مدیون دو جنگ جهانی اول و دوم بود که با رویکرد تسلط هوایی بر دشمن سبب شد دگرگونی شگرفی در تولید این وسیله کارآمد حاصل شود. امروزه هواپیما و هلیکوپتر یکی از مهم‌ترین اجزای زندگی بشر هستند و در زمینه‌های گوناگونی کاربرد دارند.

دو حیطة اصلی هوانوردی، غیرنظامی (Civil Aviation) و نظامی

از زمان خلقت بشر تا کنون یکی از بزرگ‌ترین آرزوهای انسان پرواز بوده و هست. سابقه اولین پرواز انسان به سال ۱۷۸۳ میلادی بر می‌گردد که اولین "بالن" به پرواز درآمد. سپس تلاش‌های فراوانی جهت ابداع موتورهای بنزینی قابل استفاده در هوانوردی صورت پذیرفت تا سرانجام "برادران رایت" توانستند در هفدهم دسامبر سال ۱۹۰۳ با هواپیمای "فلاپر" برای اولین بار به پرواز درآیند که این پرواز خاطره‌انگیز به صورت مستندی کوتاه در اذهان جهانیان

۱- پژوهشگر، ایران، تهران، دانشگاه علوم پزشکی آجا، معاونت آموزش، دبیر مرکز آموزش مداوم (*نویسنده مسئول)
تلفن: ۰۲۱-۸۵۹۵۲۳۶۲ آدرس الکترونیک: Hamze_shahali@armyums.ac.ir

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

"هیدروسفر (Hydrosphere) تشکیل می‌گردد (۳).
به مجموعه لایه‌های هم مرکز در برگیرنده بیوسفر، "اتموسفیر"
(Atmosphere) گفته می‌شود. از مزیت‌های مهم وجود چنین لایه‌هایی
در اطراف کره زمین آن است که هم سد مهمی در برابر ورود پرتوهای
کیهانی (Cosmic Radiations)، یونیزان (Ionizing Radiations)، قسمت
عمده پرتوهای زیان آور فرابنفش (Long Wave U.V) و اجرام سماوی
(Asteroids) بوده همچنین در تامین درجه حرارت مناسب جهت
حفظ اکولوژی بیوسفر نقش به‌سزایی ایفا می‌کند (۴).

ساختار اتمسفر

تقسیم بندی لایه‌های اتمسفر بر اساس پارامترهای متنوعی از جمله
دما، فشار، ترکیب شیمیایی و غیره انجام می‌گیرد. در متداول‌ترین
تقسیم بندی اتمسفر زمین بر اساس پارامتر دما، به ۵ لایه تقسیم
می‌گردد. این لایه‌ها به ترتیب (از سطح زمین به سمت فضا) عبارتند
از: تروپوسفر (Troposphere)، استراتوسفر (Stratosphere)، مزوسفر
(Mesosphere)، ترموسفر (Thermosphere) و اگزوسفر (Exosphere).
حیطه خارجی هر لایه از اتمسفر با پسوند "Pause" نامگذاری
می‌گردد مانند تروپوپاز (Tropopause). ضخامت لایه‌ها ثابت نبوده
و متناسب با تغییرات دما تغییر می‌کند. به همین دلیل ضخامت
اتموسفیر در قطب (Polar) کمتر و در استوا (Equator) بیشتر است (۵).
یکی از مهم‌ترین مخاطرات صعود در اتمسفر هیپوکسی است. در
واقع با افزایش ارتفاع از سطح زمین میزان فشار آزاد اکسیژن کاهش
می‌یابد به نحوی که امکان صعود در اتمسفر در ارتفاع ۸ الی ۱۰
هزار پایی از سطح دریاهای آزاد بدون استفاده از دستگاه‌های کمک
تنفسی مقدور نمی‌باشد. (جدول ۱)

میزان فشار آزاد آونولار گاز اکسیژن (PAO₂) و فشار شریانی گاز

(Military Aviation) است. هوانوردی غیر نظامی طیف گسترده‌ای
داشته و شامل: مسافرت‌های هوایی (شغلی، توریستی، زیارتی،
ترابری و باربری)، ورزش‌های هوایی (چتر بازی، پرواز با کایت،
گلایدر و پاراگلایدر)، امداد و نجات هوایی (حمل و تخلیه
مجروحین و آمبولانس هوایی) می‌باشد. هوانوردی نظامی مشتمل
بر عملیات‌های شناسایی، رهگیری، انهدام، اسکورت و ترابری
است (۲).

ورود انسان به محیطی متفاوت از نظر فیزیولوژیکی و اکولوژیکی
(اتموسفیر) با زیستگاه وی (کره زمین) واجد مخاطراتی جدی است
که ضرورت شناخت و آشنایی با مختصات و ویژگی‌های جو
زمین را هر چه بیشتر نمایان می‌سازد. یکی از مهم‌ترین مخاطراتی
که ضمن صعود در اتمسفر حادث می‌گردد "هیپوکسی" (کمبود
اکسیژن) است که به دنبال آن ممکن است عارضه‌ای دیگر به نام
"هیپر ونتیلیسیون" (افزایش تهویه ریوی) رخ دهد.

فعالیت همزمان و هماهنگ نیروی هوایی و بخش هوایی نیروی
دریایی در کنار نیروهای سطحی و زیرسطحی جهت انجام موفق
کلیه عملیات‌های محوله نیروی دریایی ضروری است. لذا اطلاع
کافی از ویژگی‌های مهم اتمسفر برای خلبانان، ملوانان، مهندسين
و پزشکان هوا فضا و زیر سطحی، پرستاران و امداد گران هوایی و
دریایی و ورزشکاران ضروری به‌نظر می‌رسد.

یافته‌ها

تعریف اتمسفر (هوا کره - جو زمین)

بخشی از سیاره زمین که به‌صورت طبیعی حیات در آن جریان دارد
بیوسفر (Biosphere) (Pherه به معنای لایه است) نامیده می‌شود
که از دو بخش خشکی‌ها یا "لیتوسفر" (Lithosphere) و دریاها یا

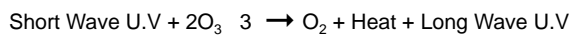
جدول ۱- ارتباط میان ارتفاع، فشار محیطی گاز اکسیژن، فشار آونولار گاز اکسیژن و فشار آونولار گاز دی اکسید کربن

ارتفاع از سطح آب های آزاد (feet)	فشار محیطی گاز اکسیژن (mm/Hg)	فشار آونولار گاز اکسیژن (mm/Hg)	فشار آونولار گاز دی اکسید کربن (mm/Hg)
۰	۱۴۸	۱۰۳	۳۹
۸ هزار	۱۰۸	۶۴	۳۸/۵
۱۰ هزار	۸۹	۵۱/۲	۳۲/۴
۲۰ هزار	۶۳	۳۶/۵	۲۸

استراتوسفر

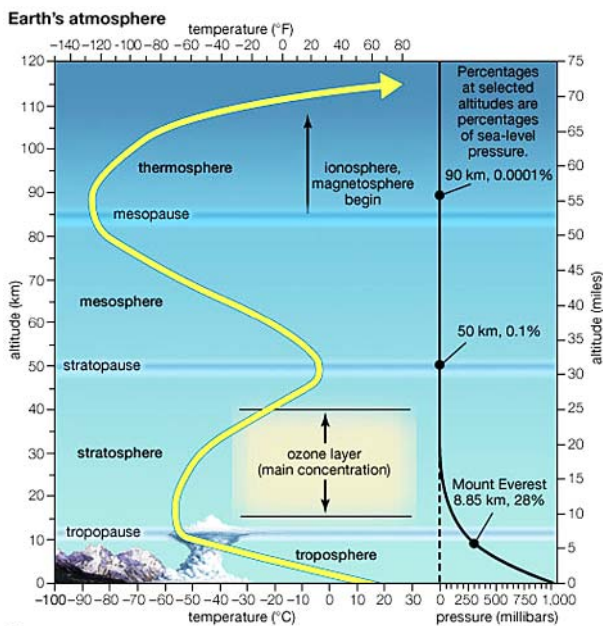
استراتوسفر به معنی پوش کره بوده و به استراتوپاز منتهی می شود. دما در این لایه از ۵۳- به ۳- درجه سلسیوس می رسد که علت آن را فقدان بخار آب می دانند. ارتفاع این لایه حدود ۴۰ هزار الی ۱۵۸ هزار پا می باشد و در ارتفاع ۴۰ تا ۱۴۰ هزار پا لایه ای به نام ازنسفر (Ozonosphere) قرار دارد که مهم ترین عامل محافظت در برابر پرتوهای فرا بنفش (Radiation Ultraviolet) و تولید حرارت مطبوع در سطح زمین می باشد.

در ارتفاع ۱۴۰ هزار پایی امواج U.V با طول موج کوتاه (۲۰۰ nm) و انرژی بالا با مولکول های ازن برخورد کرده و با شکسته شدن آن به مولکول اکسیژن گرما حاصل شده و امواج U.V با طول موج بلند و انرژی کمتر (۳۰۰-۲۱۰ nm) ایجاد می گردد (۷).

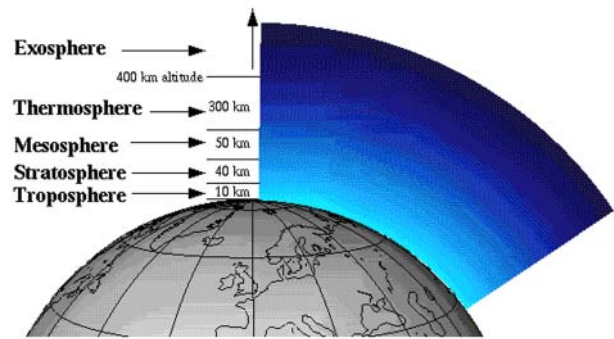


مزوسفر

مزوسفر به معنی میان لایه است و پایان آن مزوپوز است. ضخامت این لایه ۵۵ مایل (معادل ۸۵km) بوده و از ارتفاع ۱۵۸ هزار تا ۲۹۰ هزار پا امتداد دارد. دما در این لایه به تدریج کاهش یافته و از ۳- درجه به ۱۱۰- درجه سلسیوس می رسد. این لایه سردترین لایه اتمسفر محسوب می گردد (۸).



تصویر ۲- ارتباط میان ارتفاع و دما در لایه های مختلف اتمسفر



تصویر ۱- لایه های مختلف اتمسفر

اکسیژن (PaO_2) نیز با افزایش ارتفاع کاهش یافته و به جهت کاهش محتوی اکسیژن خون، اکسیژن رسانی به بافت ها به خصوص در ارگان های حیاتی (دستگاه عصبی، سیستم قلبی - عروقی) کاهش می یابد.

این مهم با کاهش چشمگیر عملکرد ارگان های مذکور همراه بوده و با تاثیر بر مرکز کنترل فعالیت تنفسی واقع در بصل النخاع تعداد تنفس در دقیقه افزایش می یابد و پدیده ای به نام هیپر ونتیلیسیون حادث می گردد. البته هیپر ونتیلیسیون علل متعددی چون استرس، بیماری های جسمی، داروها و غیره نیز دارد.

تروپوسفر

تروپوسفر به معنای زیرین لایه است. اولین لایه اتمسفر از سطح زمین بوده و به تروپوپاز ختم می شود. ویژگی این لایه آن است که با افزایش ارتفاع از سطح زمین به تدریج کاهش می یابد که به این پدیده "Temperature Laps Rate" اطلاق می گردد به نحوی که تقریباً به ازای هر ۱۰۰۰ پا (معادل ۳۰۴/۸ متر) افزایش دمای هوا ۱/۹۸ درجه سلسیوس (معادل ۳۵/۵۶ درجه فارنهایت) کاهش می یابد. ارتفاع این لایه در قطب ها حدود ۲۶ هزار پا و در استوا ۵۸ هزار پا است. حداقل دما در روی قطب ها در این لایه ۵۳- و در استوا ۸۳- درجه سلسیوس است. تقریباً تمام پروازهای غیر نظامی و اغلب پروازهای نظامی در ارتفاع ۲۵ هزار تا ۳۵ هزار پا (درون این لایه) انجام می پذیرد. علت آن است که حرکت جسم پرنده (به جهت وجود دالان های هوایی متعدد) در ارتفاع پایین تر واجد تکان ها و لرزش (Vibration) بسیار بیشتری می باشد. تنها معدودی از هواپیماهای نظامی بلند پرواز امروزی قادرند در ارتفاع بیش از ۴۰ هزار پا پرواز کنند (۶).

جدول ۲- ترکیب هوای خشک

Gas	Concentration In Dry Air (% By Volume)
Nitrogen	۷۸/۰۹
Oxygen	۲۰/۹۵
Argon	۰/۹۳
Carbon dioxide	۰/۰۳
Neon	$۱/۸۲ \times ۱۰^{-۳}$
Helium	$۵/۲۴ \times ۱۰^{-۴}$
Krypton	$۱/۱۴ \times ۱۰^{-۴}$
Hydrogen	۵×۱۰^{-۵}
Xenon	$۸/۷۰ \times ۱۰^{-۴}$

بحث و نتیجه گیری

فعالیت همزمان و هماهنگ نیروی هوایی و بخش هوایی نیروی دریایی در کنار نیروهای سطحی و زیر سطحی جهت انجام موفق کلیه عملیات‌های محوله نیروی دریایی ضروری است. لذا اطلاع کافی از ویژگی‌های مهم اتمسفر و مخاطرات صعود در آن همچون هیپوکسی، هیپرنتیلیسیون، سرمازدگی و غیره برای خلبانان، ملوانان، مهندسی و پزشکان هوا فضا و زیر سطحی، پرستاران و امدادگران هوایی و دریایی و ورزشکاران ضروری به نظر می‌رسد.

در این راستا ضروری ضمن برگزاری دوره‌های آموزش و بازآموزی ادواری در خصوص اتمسفر، مشخصات و مخاطرات آن جهت کلیه مشمولین هدف در ارگان‌های نظامی، انتظامی و غیر نظامی همواره اطلاعات کافی و مناسب در پیشگیری و برخورد با مخاطرات هواکره در اختیار ایشان قرار داشته باشد. همچنین می‌توان با اجرای دوره‌های کوتاه مدت جمعیت هدف را از دستاوردها و تجربیات موجود در داخل و خارج از کشور آگاه نمود. این اطلاعات برای ورزشکاران و علاقه مندان به طبیعت نیز بسیار سودمند است.

این مقاله در همایش طب پیشگیری و بهداشت شناورهای سطحی و زیر سطحی سال ۱۳۸۹ بندرعباس ارائه گردیده است. امید است با استعانت به الطاف بی کران لایزال گامی هر چند کوچک در جهت افتخار و سربلندی میهن عزیزمان بر داریم.

ترموسفر

ترموسفر به معنای گرم لایه بوده و وجه تسمیه آن افزایش تدریجی درجه حرارت است. این لایه به ترموپاز ختم شده و دما در آن از ۱۱۰- درجه به ۲۲۷ درجه در شب و ۱۵۰۰ درجه سلسیوس در روز می‌رسد. این لایه از ارتفاع ۹۱ km تا ۶۰۰km امتداد داشته و مرتفع ترین لایه اتمسفر است. از آنجا که در این لایه به دلیل برخورد پرتوهای فرابنفش خورشید اغلب مولکول‌ها به حالت یونیزه هستند، به این لایه یونوسفر (Ionosphere) نیز گفته می‌شود. در این لایه هوا بسیار رقیق بوده و برخورد مولکول‌های هوا و انتشار گرما و صوت بسیار اندک می‌باشد اما هر جسمی که در این محدوده واقع شود تحت تاثیر دمای بالای آن قرار می‌گیرد (۹).

اگزوسفر

خارجی ترین لایه اتمسفر بوده و به آن "True Space" می‌گویند. اگزویز مشخصی نداشته و تقریباً خلا کامل است. اجزای اصلی این لایه شامل هیدروژن و هلیوم با غلظت ناچیز بوده، دارای دمای تقریباً یکنواختی است. این لایه به فضای لایتهای منظومه شمسی (Solar System) مرتبط است (۱۰).

گازهای تشکیل دهنده اتمسفر

نسبت گازهای تشکیل دهنده اتمسفر بدون در نظر گرفتن میزان بخار آب (Water Vapor) تقریباً تا ارتفاع ۳۰۰ هزار پایی از سطح دریا (ابتدای لایه ترموسفر) ثابت است. ترکیب هوای خشک شامل: ۷۸ درصد نیتروژن، ۲۱ درصد اکسیژن و ۱ درصد گازهای نادر (مانند آرگون، نئون و هلیوم و دی اکسید کربن) است. (جدول ۲) نکته مهم آن است که نسبت‌های یاد شده در تمام اتمسفر تقریباً ثابت است اما با افزایش ارتفاع فشار و غلظت گازها مذکور کاهش می‌یابد. در مکان‌هایی که فعالیت‌های انسانی (صنعتی، کشاورزی، مسکونی و غیره صورت می‌گیرد و همچنین در محل آتشفشان‌ها، چشمه‌های آب گرم و غیره ترکیب هوای اتمسفر نزدیک زمین تغییر می‌یابد (۱۱).



References

- 1- Ghazizadeh K, Mirzababai H, Ghaderinikoo H. Rapid Review of Aviation Physiology [Trans]. Tehran: Tolou; 2009. [Persian]
- 2- Rezai A. Haml Va Naghle, Takhliyeye Majrohin (Evacuation) [Trans]. Tehran: Nezaja; 2002. [Persian]
- 3- Rainford D, Gradwell DP. Ernsting's aviation medicine. 4th ed. / [edited by] David J. Rainford, David P. Gradwell. [Trans]. London: Hodder Arnold; 2006.
- 4- Hadi S. Basic Flight Physiology [Trans]. Tehran: Sepah; 2007. [Persian]
- 5- Andrews DG. An Introduction to Atmospheric Physics. Cambridge: Cambridge University Press; 2003.
- 6- West JB. Respiratory Physiology. 7th edn, PA: Lipincott, Williams & Wilkins; 2004.
- 7- Lumb AB. Nunn's Applied Respiratory Physiology. Oxford: Butter worth-Heinemann; 2002.
- 8- Harding RM. The Earth's Atmosphere. 3th edn, UK: Cambridge; 2004.
- 9- From ICAO. Available at: <http://www.ICAO.int>; 2008.
- 10- From Federal Aviation Association. Available at: <http://www.foa.gov>. Accessed at Feb 2008.
- 11- Dehart RL. The Atmosphere. In: Dehart Fundamentals of Aerospace Medicine. 2th edn, USA, Mosby; 2008.