• **مقاله مروری**

اثر تغییرات فشار بر حفرات محتوی گاز در بدن

* دکتر سعید زارعی [۱]، محمد اخلاقی [۲]، مرجان اکبری [۳]

چکیده

گاز درون حفره‌های انبساط‌پذیر بدن متأثر از تغییرات فشار بیرون است؛ در نتیجه وقتی که فشار اتمسفر کاهش می‌یابد (در طول صعود یا از دست دادن فشار کابین هواپیما) حجم گاز افزایش می‌یابد، در حین فرود این فرایند برعکس می‌شود و حجم گاز درون حفره کاهش پیدا می‌کند. گاز درون حفره‌های مختلف بدن به اشکال مختلفی با محیط خارج ارتباط دارند، هنگام تغییر فشار خارجی، فشار گاز درون این حفره‌ها باید با محیط اطراف به تعادل برسد. در این مقاله ابتدا مکانسیم انبساط گاز و نظریات مربوط به آن برای تغییرات فشار در حفره‌های بدن مطرح می‌شود. حفره‌های بسته محتوی گاز بدن در این مقاله به دو دسته بسته و نیمه بسته تقسیم می‌شوند؛ حفره‌های نیمه بسته عبارتند از: گوش میانی، سینوس‌های پارانازال و ریه. حفره‌های بسته‌ای که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرند شامل کانال گوارشی و دندانها می‌باشند.

کلمات کلیدی: حفره های انبساط پذیر، تغییرات فشار، مکانیسم ایجاد تعادل

مجله علمی ابن سینا / اداره بهداشت و درمان نهاجا (سال دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۸۸، مسلسل ۳۱)

۱. پزشک هوایی، مرکز تحقیقات ابهدا نهاجا
تلفن:۳۹۹۵۴۹۵۵ (*مؤلف مسؤول)۰
۲. کارشناس فیزیک، مرکز تحقیقات ابهدا نهاجا
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد تاریخ علم، دانشگاه تهران

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]

مقدمه

در بدن تعدادی حفره محتوی گاز وجود دارد که ارتباط آنها با محیط خارج به شکل‌های مختلفی صورت می‌گیرد. هنگام تغییرات فشار محیطی، به طور مثال، در صعود یا فرود یک هواپیما و یا در افت فشار کابین، فشار گاز درون این حفره‌ها باید با محیط اطراف به تعادل برسد، در غیر این صورت فرد اثرات مخربی را تجربه خواهد کرد.

رفتار گاز درون یک حفره هنگام تغییر فشار و اثر نهایی آن بر بدن در صورتی که فشار گاز درون حفره با اتمسفر محیط به تعادل نرسد به مقدار زیادی به بسته یا نیمه‌بسته بودن حفره بستگی دارد. ریه‌ها، گوش میانی و سینوس‌های پارانازال مثال‌های معمولی از حفره‌های نیمه‌بسته محتوی گاز هستند و مجرای گوارشی مثالی برای نوع بسته است. این مقاله حفره‌های مهم محتوی گاز در بدن، مکانیسم‌هایی که منجر به تعادل فشاری می‌شوند و مسائلی که می‌تواند از عدم ایجاد این تعادل گازی به وجود آیند را توصیف می‌کند.

مکانیسم انبساط گاز

گاز درون حفره‌های انبساط‌پذیر بدن از تغییرات فشار بیرون متأثر است؛ در نتیجه وقتی که فشار اتمسفر کاهش می یابد (در طول صعود یا از دست دادن فشار کابین هواپیما) حجم گاز افزایش می‌یابد، در حین فرود این فرایند بر عکس می‌شود و حجم گاز درون حفره کاهش پیدا می‌کند.

جدا از هر نتیجه‌ای که شکل حفره می‌تواند بر گاز ایجاد کند، درجه انبساط گاز در طول تغییرات فشار اتمسفر باید از قوانین بویل پیروی کند که طبق آن، حجم یک گاز به طور معکوس با فشار مطلق آن تغییر می‌کند. به این دلیل که دیواره‌های همه حفره‌های بدن همیشه مرطوب هستند، گاز درون آنها تقریباً همیشه با بخار آب اشباع شده است اگر حجم گاز با کاهش فشار، افزایش یابد، فشار جزیی بخار آب شروع به افت می‌کند: ولی تبخیر سریع آب از غشا باعث حفظ اشباع بودن می‌شود. فشار اعمال شده توسط بخار آب تنها به دما بستگی دارد. این فشار به طور متوسط ۴۷ میلی‌متر جیوه است (در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد). انبساط نسبی گاز، که نسبت به حجم نهایی به حجم اولیه مقدار معینی گاز در یک حفره بدن است، با رابطه زیر نشان داده می‌شود:

$$\text{انبساط نسبی گاز} = (P_c - ۴۷)/(P_f - ۴۷)$$

که در آن P_c فشار اولیه گاز در حفره بر حسب میلی‌متر جیوه و P_f فشار نهایی گاز درون حفره بر حسب میلی‌متر جیوه است.

در نتیجه برای یک نسبت داده شده، هر چه ارتفاع بیشتر باشد، انبساط گاز بیشتر می‌شود، تا اینکه در ارتفاع ۶۳ هزار فوت (۱۹هزار متر) انبساط گاز از لحاظ نظری (طبق معادله بالا) بی‌نهایت است، فشار اتمسفر در این ارتفاع ۴۷ میلی‌متر جیوه است. با این حال در عمل، گاز در حفره‌های محبوس نمی‌تواند به طور آزادانه انبساط پیدا کند زیرا یک مقاومت افزایشی به وسیله بافت‌های محیطی در هنگام انبساط ایجاد می‌شود و این یک افزایش منطقه‌ای در فشار اولیه ایجاد می‌کند طوری که انبساط بی‌نهایت اتفاق نخواهد افتاد، حتی در حالت قرار گرفتن طولانی در فشار کمتر از ۴۷ میلی‌متر جیوه. با این حال، فشار کمتر از فشار بخار آب اشباع در دمای بدن منجر به تبخیر مایعات بافتی می‌شود. این فرایند به عنوان ebullism شناخته می‌شود.

وقتی که ارتباطی آزاد میان حفره و فضای بیرون وجود دارد، انبساط گاز مشکل کوچکی به وجود می‌آورد که خیلی هم ناراحت کننده نیست. اگر به هر دلیلی گاز درون حفره نتواند با محیط بیرون به تعادل برسد، ممکن است ناراحتی قابل تاملی ایجاد شود؛ درد خالص (Frank Pain)، یا صدمه به بافت یا اجزاء بدن به طوری که ممکن است به از دست دادن عضو به طور دائم منجر شود. قسمت‌های مهمی که ممکن است گازها محبوس شوند و فشارها به تعادل نرسند هر کدام به تفکیک حفره‌ی بسته یا نیمه بسته، به طور جداگانه بررسی خواهند شد.

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]

اثرات تغییر فشار بر حفره‌های نیمه بسته

گوش میانی

حفرهٔ گوش میانی از گوش خارجی توسط پرده صماخ جدا شده است. با نازوفارنکس و اتمسفر از طریق شیپور استاش ارتباط دارد که حدود دو سوم آن دیوارهٔ نرمی دارد که به طور عادی کلاپس شده است. در حین افزایش ارتفاع، گاز درون حفرهٔ گوش میانی انبساط پیدا می‌کند و گاز منبسط شده از طریق شیپور استاش به نازوفارنکس وارد می‌شود تا فشار در دو طرف پرده صماخ برابر گردد. از آنجا که ساختار آناتومیک قسمت فارنژیال از شیپور استاش طوری است که شبیه به یک سوپاپ یک طرفه عمل می‌کند، هوای منبسط شده به راحتی به اتمسفر فرار می‌کند و خیلی غیرمعمول است که ونتیلاسیون پاسیو گوش میانی مشکلی را حین کاهش فشار ایجاد کند. این ونتیلاسیون پاسیو گوش میانی در حین افزایش ارتفاع ممکن است مانند یک صدای "پاپ" مانندی هنگامی که هوا از مجرای فارنژیال از شیپور استاش خارج می‌شود حس شود. حین صعود، شیپور استاش باز می‌شود و گاز تقریباً هر ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ پا به نازوفارنکس فرار می‌کند [۱و ۲].

هنگام کاهش ارتفاع، گاز باید از نازوفارنکس وارد گوش شود تا تعادل میان فشار اتمسفری و گاز درون گوش میانی حفظ شود. در اکثر افراد، یک طرفه بودن شیپور استاش باعث می‌شود جریان پاسیو گاز به گوش میانی قطع شود. افزایش فشار حاصله، باعث فشار بر پرده صماخ می‌شود و آن را به سمت حفره گوش میانی خم می‌کند. در حالی‌که کاهش فشار ادامه پیدا کند، غشاء بیشتر به حفره گوش میانی خم می‌شود مگر اینکه گاز از شیپور استاش به آن وارد شود. این ناهماهنگی باعث حس پر بودن گوش و کاهش شنوایی می‌شود. اگر کاهش ارتفاع بدون حفظ تعادل بیشتر ادامه پیدا کند، فشار ایجاد شده روی پرده گوش باعث درد می‌شود. در بعضی افراد، تغییر ناگهانی فشار در گوش میانی ممکن است بر اندام‌های حفظ تعادل اثر بگذارند[۱].

برای حفظ تعادل در دو طرف پرده صماخ، هنگام کاهش ارتفاع و در نتیجه جلوگیری از ایجاد اوتیت ناشی از باراتروما انجام مانورهایی برای باز کردن شیپور استاش لازم است. با وجودی که مانورهای ساده‌ای مانند قورت دادن، خمیازه کشیدن و حرکات فک وجود دارد، اینها معمولاً در نیمی از مسافرین عمل نمی‌کنند. هدف از این مانورها این است که فشار را در نازوفارنکس افزایش دهند تا گاز را به زور وارد حفره‌های گوش میانی کنند. این افزایش فشار معمولاً از طریق انجام مانورهای والسالوا (Valsalva) یا فرنزل (Frenzel) روی آنها امکان‌پذیر است. والسالوا از طریق تلاش برای یک بازدم فشاری از طریق بستن لب‌ها و دهانه‌های بینی با نگه داشتن آنها با انگشت امکان‌پذیر است. این عملیات عموماً هنگام پرواز انجام می‌شود ولی فشار افزایش یافته داخل توراکس، که در حین مانور ایجاد می‌شود، ممکن است باعث اختلال در عملیات کاردیوواسکولار شود. از طریق بستن گلوت، لب‌ها، سوراخ‌های بینی و همزمان با آنها فشردن ماهیچه‌های کف دهان و فارنکس امکان‌پذیر است [۱]. مانور فرنزل فشار محلی در نازوفورناکس را افزایش می‌دهد. این مانور از طریق بستن گلوت و لب‌ها، مسدود کردن مجرای بینی و فشرده کردن ماهیچه‌های کف دهان به صورت همزمان انجام می‌شود. این عملیات هماهنگ، مانند اتفاقاتی است که برای خالی کردن بینی یا نگه داشتن یک سرفه به طور معمول انجام می‌دهیم. مانور فرنزل این خوبی را دارد که شیپور استاش را در فشارهای نازوفارنژیال پایین‌تری باز می‌کند و هر موقع از تنقس امکان‌پذیر است[۳].

مانور دیگری که می‌توان نام برد، مانور Toynbee است که همان قورت دادن آب دهان هنگام بسته نگه داشتن سوراخ‌های بینی است. این عمل هم باعث باز شدن شیپور استاش در فشارهای سطحی می‌شود و این کار از طریق ایجاد فشار کمتر در نازوفارنکس انجام می‌دهند. به همین دلیل این مانور برای چک کردن گشوده بودن لوله‌ها مفید است ولی به عنوان مانوری هنگام کاهش ارتفاع پیشنهاد نمی‌شود [۴و۱].

نیاز به تکرار این مانور، برای خدمه پرواز تربیت شده، خیلی متغیر است؛ از یک بار در هر هزار پا تغییر ارتفاع تا یک بار در هر چهار هزار پا. با این حال حدی برای افزایش فشاری که در

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]

نازوفارنکس ایجاد می‌شود وجود دارد و ممکن است هنگامی که اختلاف فشار میان گوش میانی و محیط از ۹۰ تا ۱۲۰ میلی‌متر جیوه بیشتر شود شیپور استاش بسته شود [۲].

عفونت مجرای تنفسی فوقانی باعث احتقان و ادم در لایه موکوزال از شیپور استاش می‌شود، مخصوصاً جایی که به نازوفارنکس راه پیدا می‌کند. این احتقان می‌تواند عبور گاز هنگام کاهش ارتفاع را محدود کند. در نتیجه پرده صماخ به گوش میانی منحرف می‌شود که باعث احساس کری و درد می‌شود. اگر کاهش ارتفاع ادامه پیدا کند، این غشاء تحت فشار ممکن است فرو بپاشد و در همان لحظه درد را از بین ببرد. تغییرات در پرده صماخ و گوش میانی که در نتیجه ونتیلاسیون ناکافی گوش میانی هنگام کاهش ارتفاع ایجاد می‌شود را تحت عنوان اوتیت باروترومایی می‌شناسند. این شرایط با عفونت‌های مجرای تنفس قوقانی ایجاد می‌شود ولی ممکن است با کاهش ارتفاع سریع یا دانش ناکافی از روش‌های درست ونتیلاسیون گوش میانی نیز ایجاد شود [۴].

سینوس‌های پارانازال

سینوس‌های پارانازال حفره‌هایی هستند که در استخوان‌های صورت وجمجمه قرار دارند. سینوس‌های جلویی از طریق لوله‌های نسبتاً بلندی با بینی ارتباط دارند، در حالی که هر کدام از دیگر سینوس‌ها از طریق سوراخی در دیواره‌اش به بینی متصل است. هنگام افزایش و کاهش ارتفاع، گاز انبساط و انقباض کننده در سینوس می توانند با گاز درون بینی ارتباط پیدا کنند و تغییر فشاری میان فشار درون سینوس‌ها و محیط ایجاد نمی‌شود. با این حال اگر غشاء موکوسی که در راه رویی که میان سینوس پارانازال و بینی قرار گرفته است، متورم و اداماتو شود، ممکن است مسیر طبیعی ارتباط سینوس با بینی قطع شود، مخصوصاً هنگام کاهش ارتفاع. چنین مشکلی درد زیادی در گونه‌ها، جلوی سر یا در عمق سر ایجاد می‌کند و عموماً با ریزش اشک از چشم‌ها همراه است. در این حالت تورم خود به خودی حفره سینوس به سادگی ایجاد نمی‌شود، حتی طی مانورهایی که فشار درون دهان و بینی از محیط بالاتر برده می‌شود. داروهای ضد احتقان بینی ممکن است در ایجاد ونتیلاسیون اتوماتیک حفره سینوس‌ها کمک کنند ولی در این شرایط شاید لازم باشد سرعت کاهش ارتفاع را کم کرد. تخریب در لایه موکوسی ممکن است با خونریزی درون حفره سینوس همراه شود. این حالت با باروترومای سینوسی دوباره تکرار می‌شود و حتی لازم است آن را با عمل جراحی برطرف کرد [۵].

ریه‌ها

حجم زیاد گاز در آلوئولها، مجاری نسبتاً باریکی که آلوئولها را با محیط بیرون ارتباط می‌دهند، و حساسیت بافت‌های ریه، در برابر کشیدگی باعث می‌شوند که ریه‌ها به عضو حساسی مقابل کاهش فشار محیطی مانند کاهش ناگهانی فشار کابین در بدن شناخته شوند. با وجودی که صدمهٔ حاد تا به حال در چنین شرایطی در انسان رخ نداده‌اند، مطالعات روی حیوانات آزمایشگاهی، نشان می‌دهند که کاهش ناگهانی فشار در طیف وسیعی از فشارها می‌تواند باعث تخریب‌های ساختاری در بافت‌های ریوی با تغییرات هموراژیک، آمفیزماتو و آتلکتاتیک در ریه‌ها شود. توانایی ریهٔ انسان برای تحمل و سازگاری با تغییرات ناگهانی فشار عامل محدود کننده‌ای برای محدودهٔ تحمل کاهش فشار است و هنگام طراحی کابین‌های پرفشار توجه خیلی زیادی به این عامل می‌شود [۳و ۵].

سرعت کاهش فشار در ریه‌ها محدود به مقاومت جریانی است که توسط ریه و مجاری هوایی ایجاد می‌شود. به همین دلیل، هر کاهش فشار محیطی که سریع‌تر از حداکثر کاهش فشار ریه‌ها باشد، باعث یک دفرانسیل فشار زودگذر میان هوای درون ریه‌ها و محیط اطراف در کابین می‌شود. هر چه سرعت کاهش فشار در کابین بیشتر باشد، تفاوت فشار زودگذر بیشتر می‌شود. مقدار و مدت تفاوت میان فشار گاز در ریه‌ها و فشار درون کابین هنگام یک کاهش فشار سریع به عوامل زیر بستگی دارند:

سرعت کاهش فشار کابین نسبت به کاهش فشار همزمان در ریه‌ها

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]

تغییر کل فشار در کابین هنگام کاهش فشار
حجم گاز درون ریه‌ها در آغاز کاهش فشار
توانایی ریه‌ها و توراکس برای انبساط در حدود طبیعی هنگام کاهش فشار

انبساط طبیعی ریه‌ها و دیواره‌ی قفسه سینه و عبور جریان گاز از ریه‌ها از طریق مسیرهای هوایی به محیط، فشار درون ریه‌ها را هنگام یک کاهش فشار به مقدار زیادی کاهش می‌دهد[۴و ۲]. ممکن است صدمه به ریه‌ها در یک کاهش فشار سریع به دلیل کشیده شدن بافت‌های ریه بیشتر از حد تحمل آنها باشد. در حالی که گاز درون ریه‌ها منبسط می‌شود، دیوارهٔ قفسهٔ سینه و دیافراگم به بیرون زده می‌شوند. اگر منبسط شدن گاز درون ریه‌ها را بتوان بدون رسیدن به حالت بحرانی تعدیل کرد، صدمه‌ای نمی‌رسد. اما اگر انبساط ریه‌ها از حد طبیعی فراتر رود بافت ریه‌ها بیشتر کشیده شده، به آرامی پاره می شوند و رگ‌ها نیز پاره می‌شوند. تفاوت فشار ترانس توراسیک برای پاره کردن ریه‌ها هنگامی که ماهیچه‌های شکمی ریلاکس هستند در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر جیوه است. وقتی که بافت ریه‌ها پاره می‌شود هوا به درون صفحات بافتی می‌رود و وارد مدیاستن می‌شود و حتی ممکن است تا گردن برسد تا آمفیزم جراحی را ایجاد کند؛ در حالی که گاز از طریق رگ‌های پاره وارد جریان خون شود (که تحت عنوان آمبولی شناخته می‌شود). [۶]

بدترین حالت این است که گاز درون ریه‌ها نتواند هنگام کاهش فشار بیرونی فرار کند. جریان آزاد گازی که در حالت انبساط ممکن است به دلیل بسته شده گلوت - مانند حالتی که هنگام نگه داشتن نفس، قورت دادن، تحت فشار قرار دادن یا حتی از طریق هر دستگاه تنفس در حال استفاده- قطع شود. بنابراین دریچه خروجی جبرانی ماسک‌های اورونازال می‌توانند در یک فشار مناسب حین و بالافاصله پس از کاهش فشار سریع نگه داشته شوند. بازه کاهش فشار که امن است (یا همان فشار ترانس توراسیک بعد از کاهش فشار بیشتر از ۵۰ میلی‌متر جیوه نشود و هیچ گازی نتواند از ریه‌ها خارج شود) در صورتی که حجم اولیهٔ ریه‌ها را بدانیم قابل اندازه‌گیری است. هنگامی که گاز درون ریه‌ها بتواند فرار کند، پیش بینی اینکه آیا شرایط خاص – ارتفاع اولیه و ثانویه، نسبت حجم کابین به مساحت مؤثر دهانه که کاهش فشار در آن روی می‌دهد – باعث تفات فشار transthoracic در حدود ۸۰ میلی‌متر جیوه در نتیجه صدمه زدن به ریه‌ها می‌شود سخت است. بیشتر اطلاعات موجود از طریق آزمایش روی حیوانات گردآوری شده است، با وجودی که اطلاعاتی برای کاهش فشار امن برای انسان وجود دارد. در عمل صدمه به ریه به دلیل کاهش فشار در یک هواپیما و یا در یک اطاقک رویداد خیلی نادری است [۷].

اثر تغییرات در فشار روی حفره‌های بسته

کانال گوارشی

در افراد سالم و طبیعی، معده و روده مقداری گاز درون خود دارند که حجم آن از ۰ تا ۴۰۰ میلیلیتر متغیر است و میانگین آن ۱۰۰ میلیلیتر است. این گاز از هوای قورت داده شده، از عمل باکتری‌ها درون شکم و از طریق معاوضه با گازهایی در بافت‌ها و خون ایجاد می‌شود.

هنگام افزایش ارتفاع، گازی که درون معده می‌ماند منبسط می‌شود و عموماً از مری فرار می‌کند و از دهان خارج می‌شود. حباب‌هایی از گاز درون روده بزرگ با هم جمع می‌شوند و باب‌های بزرگی ایجاد می‌کنند که از طریق آنوس خارج می‌شوند. بعضی افراد، عموماً متصدیان پرواز بی‌تجربه، با خارج کردن هوا از دهان و آنوس مشکل دارند، حتی هنگامی‌که افزایش ارتفاع کم است. در تغییر ارتفاع‌های سریع‌تر و هنگام کاهش فشار سریع، این مشکل بیشتر می‌شود و حتی متصدیان پرواز با تجربه مشکلاتی را در خارج کردن گاز از مجاری گوارشی به همان سرعتی که منبسط می‌شود دارند. در این حالت‌ها فرد ممکن است عوارضی نشان دهد که ممکن است از ناراحتی بالا و پایین شکمی باشد، در موارد خاصی، درد زیادی نیز همراهی می‌کند. در بعضی افراد حساس، درد شکمی که به دلیل گاز منبسط شده ایجاد می‌شود ممکن است سنکوپ وازوواگال ایجاد کند. انبساط گاز در مجاری معدی-روده‌ای تا به حال آسیب احشایی ایجاد نکرده است [۳و ۲].

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]

مشکل انبساط گاز در کانال گوارشی ممکن است در فردی که عفونت روده داشته یا اینکه غذاهای "گازدار" (مانند نخودفرنگی، لوبیا، گل کلم یا خوراک‌های فیبری) خورده باشد بدتر شوند. افراد باتجربه و خدمه پرواز یاد می‌گیرند چه غذاهایی گاز بیشتری تولید می‌کنند و بر اساس آن رژیم غذایی خود را تغییر می‌دهند. افزایش ناراحتی یا درد شکمی در خدمه پرواز سالم که زیاد در ارتفاعات بالا قرار می‌گیرند هنگامی که نهایت ارتفاع بیشتر از ۲۵هزار پا نمی‌شود قابل اغماض است. حتی وقتی آنها در ارتفاعی حدود ۴۰هزار پا قرار می‌گیرند درد شکمی در قرارگیری کوتاه فقط حدود ۲ الی ۳ درصد است. با این حال، رایج‌ترین دلیل برای قطع تعلیم پرواز ، عوارض ناشی از انبساط گاز در کانال گوارشی حین کاهش فشار در ارتفاعات بالا است هرچند که به ندرت اتفاق می افتد.

دندانها:

انبساط گاز در دندانها هنگام اوج‌گیری به ارتفاع، ممکن است درد دندان ایجاد کند که aerodontalgia نام دارد. منشاء گاز در دندان‌ها ممکن است هوایی باشد که در بافت دندان گیر کرده است یا هوایی که هنگام پر کردن دندان گیر کرده باشد. ابزارهای پرکردن دندان‌های مدرن امکان گیرکردن هوا در عملیات دندانپزشکی را خیلی کم کرده‌اند، و حالا aerodontalgia خیلی کم شده است. از طرفی aerodontalgia ممکن است در خدمه‌ای روی دهد که دندان‌های ناسالم داشته باشند، به عنوان مثال در حالتی که گازی که از فساد و پوسیدگی در حبابی کوچک در بالای دندان ایجاد می‌شود در شرایط مزمن یا آبسه حاد جمع می‌شوند.

References

1. Armstrong, H G. Heim, J. W. (1937). The effect of flight in the middle ear. Journal of the American Medical Association, 109, 417-421
2. King, P.F. (1979). The Eustachian tube and its significance in flight. Journal of Laryngology and Otology, 93, 659-678.
3. Frenzel, F. (1950). Otorhinolaryngology in German Aviation Medicine, World War II, Vol. 2, pp. 997-984. Washington DC: Government Printing Office.
4. Gillies, J.A. (1965). A text book of Aviation Physiology, 1st edn, Chapters 5-7. Oxford: Pergamon Press.
5. Ernsting, J, Nicholson A. N, Rainford D. J. (1999). Aviation Medicine, 3rd Edition. A Hodder Arnold Publication.
6. Jones, G.M. (1957). Current problems associated with disorientation in man-controlled flight. Flying personnel research committee, Report No. 1021. London: Air Minstry
7. Luft, U.C., Bancroft, R.W. (1956). Transthoractic pressures in man during rapid decompression. Journal of Aviation Medicine, 27, 208-220

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]

Effects of pressure change on body gas-filled cavities

*Zarei S[1], Akhlaghi M[2], Akbari M[3]

Abstract

The gas contained in the body cavities is effected by external pressure change, thus with decreasing atmospheric pressure, during ascent or loss of cabin pressure, the gas volume increases and during descent the volume of the gas decreases. The connection with the external environment is achieved in different manners for different cavities. During external pressure change the gas pressure inside the cavities has to reach equilibrium with the air pressure outside. In this review, the gas expansion and the theories of its effect on body cavities are discussed and the body cavities and classified in two distinct categories: Semi-closed cavities and closed cavities. The middle ear, the paranasal sinuses and the lungs are studied in the former and the alimentary canal and the teeth are discussed in the latter.

Key word: Expanding cavities, pressure change, equilibrium mechanism

*1. MD. IRIAF health administration research center, (Corresponding author)

2. BSc in Physics, IRIAF Health administration research center

3. Masters student of History of Science, University of Tehran

[Downloaded from ebnesina.ajaums.ac.ir on 2024-09-27]