

## پزشکی هوایی (قسمت هشتم):

### ضایعات سر و حفاظت در مقابل آن

محمدرضا صفری نژاد M.D.

آدرس گردآورنده: دانشگاه علوم پزشکی ارتش - گروه طب هوا و فضا - تهران - ایران

#### مقدمه

آسیب سر در تمامی اشکال تروما و حادثه شایع است. در حوادث هوایمائی، ۴۰٪ ضایعات Craniofacial هستند. علت ۲۰-۱۴٪ مرگ و میرها در حوادث هوایی، ضایعات وارده به سر می‌باشد. خلبانان، بویژه خلبانان نظامی، نیاز به اقدامات خاصی جهت حفاظت از سر دارند، بطوریکه امروزه طراحی هوایمها نیز بر این اساس می‌باشد. با افزایش سرعت و قدرت عملیات هوایمها، لزوم حفاظت از سر خلبان و سایر خدمه پروازی را بیشتر کرده است، چون کوچکترین تروما به سر، ممکن است منجر به عدم هوشیاری گردد. امروزه کلاه‌های ایمنی خیلی پیشرفته ابداع شده‌اند و این سبب شده است که از میزان ضایعات سر به مقدار زیادی کاسته شود. در بسیاری از موارد، استفاده از کلاه ایمنی سبب نجات زندگی خلبان و کادر پروازی گردیده است. در این قسمت، مکانیسم ضایعه سر، اصول حفاظت از سر و چگونگی طراحی کلاه‌های ایمنی توضیح داده خواهند شد.

#### مکانیک‌های آسیب به سر

اگر سر حفاظت نشود و جمجمه به یک جسم سفت اصابت کند و یا بر عکس جسم سفت به جمجمه اصابت نماید، سبب ایجاد ضایعاتی خواهد شد.

#### آسیب به جمجمه

وقتی سر انسان متحمل یک ضربه سنگین می‌شود، قسمت اعظم انرژی توسط استخوان‌های جمجمه جذب و در یک شکل بخصوصی منتشر می‌شود. نیروی ضربه در استخوان‌های اطراف منتشر می‌شود و آن سبب ایجاد شیارهایی در استخوان‌های جمجمه می‌شود و نیروها تمایل دارند از طریق این شیارها انتشار

پیدا کنند. هر نیرویی که وارد جمجمه می‌شود، ابتدا بطرف سقف جمجمه انتشار پیدا کرده از آنجا به طرف قاعده جمجمه بسط می‌یابد. اگر ضربه خیلی شدید باشد، به قسمت فوقانی ستون فقرات گردنی نیز منتقل می‌شود و ممکن است سبب جابجائی جمجمه از قاعده شود. اگر شکستگی در جمجمه اتفاق بیفتد، مغز و پوشش‌های آن معمولاً آسیب خواهند دید. جمجمه قابلیت انعطاف زیادی دارد و ممکن است حتی تا ۱۰mm فرورفتگی پیدا کرده و به محل قبلی خود برگردد، در اینجا شکستگی در استخوان‌های جمجمه اتفاق نخواهد افتاد، ولی ممکن است مغز آسیب ببیند.

#### آسیب به غشاهای مغز

ممکن است غشاهای مغز، با یا بدون شکستگی متحمل پارگی شوند و سبب خونریزی داخل مغزی گردد. بسته به غشای خونریزی، خون در فضای اپیدورال، ساب دورال و یا ساب آراکنوئید تجمع پیدا کند. یک نیروی ناگهانی و سریع به جمجمه وارد می‌شود، معمولاً شرایین مننژیال خلفی یا میانی پاره شده و سبب خونریزی اپیدورال می‌شوند. قسمت شامه، بعلت خونریزی بطرف حفره جمجمه برآمدگی پیدا کرده و سبب جابجائی مغز می‌شود. تا مدت زمانی پس از ضایعه ممکن است بیمار مشکلی نداشته باشد، ولی با افزایش تجمع خون، کم‌کم بیمار هوشیاری خود را از دست می‌دهد و فشار داخل مغزی افزایش می‌یابد. خونریزی ساب دورال، اغلب همراه با خونریزی ساب آراکنوئید است و علت آن پارگی وریدهایی هستند که سخت شامه را سوراخ می‌کنند. بدنبال ضایعه به سر، ممکن است خونریزی محدود و لوکالیزه باشد و ممکن است توسط فشار ناشی از خونریزی و نیروی جاذبه به آهستگی انتشار پیدا کند. علائم ممکن است خیلی به آهستگی ایجاد شوند.

### ضایعات ناشی از حرکت یکپارچه سر

بدنبال جذب کلی نیرو ممکن است ضایعات خیلی پیچیده در سر اتفاق افتد، علت آن حرکت و یا توقف ناگهانی سر است. در یک چنین ضرباتی، شتاب زاویه وار در سر اتفاق می‌افتد و سبب ضایعات موضعی و منتشر در سر می‌شود. اگر کشش به جمجمه از نوع چرخشی باشد، جمجمه بر روی سطح مغز لغزیده و خود مغز نیز متحمل چرخش می‌شود، هر کدام از غشاهای مغز، بر روی لایه تحتانی خود می‌چرخد و این سبب کشش و پارگی مغز از سطح تا به عمق می‌شود. این کشش‌ها سبب پارگی در غشاهای مغز، خونریزی و له شدگی سطحی یا عمیق آن می‌شوند. عروق پل مانند که مغز متحرک را به جمجمه فیکس می‌کنند در معرض خطر پاره شدن بیشتری هستند. این عروق بیش از ۱۰ میلی‌لیتر کشیدگی را نمی‌توانند تحمل کنند و دچار پارگی و خونریزی خواهند شد. این نوع پارگی عروق ممکن است بدون شکستگی استخوان‌های جمجمه اتفاق افتد.

### Concussion

ضایعات نسبتاً کوچک وارده به سر، ممکن است منجر به یک حالت بالینی بنام Concussion شوند که یک حالت گذراست و به تدریج علائم آن ظاهر می‌گردد. علائم وسیع بوده و در نهایت سبب یک حالت فلج می‌شود. در واقع بدون شواهد ماکروسکوپی آسیب به ساختمان‌های جمجمه می‌باشد، معمولاً هیچ نوع عارضه‌ای از خود به غیر از یک دوره فراموشی نسبت به گذشته به جا نمی‌گذارد. مکانیک‌ها پیچیده هستند. فشار هیدرواستاتیک بخودی خود در بافت زنده دارای تأثیرات اندکی است، این شرطی است که بافت مذبور فاقد هوا باشد، یعنی بافت مذبور غیر قابل فشرده شدن است. نیروهای شتاب خطی سبب ایجاد فشردگی در داخل بافت مغز می‌شوند و این نیروست که سبب ایجاد Concussion می‌شود. در حین یک شتاب خطی، یک اینرسی در مغز پدید آمده و در ابتدا، در محل اصابت ضربه یک ناحیه با فشار بالا ایجاد می‌شود و درست در نقطه مقابل آن، یک منطقه با فشار پائین ایجاد می‌شود. این حفرات میکروسکوپی که بعداً از بین می‌روند، بلافاصله سبب آسیب سلولی در مجاورت خود می‌شوند.

### مقاومت در مقابل آسیب

برای پی بردن به روش‌های محافظت از سر لازم است بطور دقیق میزان تحمل انسان در مقابل آسیب‌های وارده به سر مشخص شود. یکی از مشکلات این است که چگونه بصورت کمی مقاومت سر در مقابل ضربات بیان شود و این بیان توسط چه واحدی باشد. میزان شتاب وارده به سر به راحتی توسط واحد  $m/s^2$  یا G قابل

بیان است. اگر سر آزادانه در حال حرکت باشد و ما وزن آنرا بدانیم، نیرو را می‌توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد که بر حسب نیوتن بیان خواهد شد:

$$\text{شتاب} \times \text{وزن} = \text{نیرو}$$

به همین ترتیب، وسعت ناحیه‌ای از سر که تروما به آن وارد شده است مشخص می‌گردد. نیرو را می‌توان برحسب واحد سطح در فشار بیان کرد (پاسکال) ( $N/m^2$ ) سرانجام به طور کلی انتقال انرژی به سر را می‌توان بصورت نیوتن در متر (ژول) بیان نمود. در کل، وقتی صحبت از Concussion می‌باشد، شتاب برحسب G و انرژی بر حسب ژول می‌باشد.

### تحمل انسان در مقابل مکانیسم‌های آسیب‌رسان

تحمل انسان در مواجهه با یک ضربه، برحسب اینکه ضربه مستقیم باشد و یا اینکه سر متحمل شتاب خطی و یا زاویه دار باشد، متفاوت است.

در ضربات مستقیم مقاومت استخوان‌ها و بافت نرم رابطه نزدیکی با محل اصابت ضربه دارد، مثلاً برای بینی ۳۰G، برای فک ۴۰G، برای استخوان زایگوما ۵۰ G، برای داندان‌های جلویی ۱۰۰ G و برای استخوان‌های تمپورال و پاریتال ۱۰۰-۵۰ می‌باشد. در ضایعه به ناحیه سر، نیرو را می‌توان برحسب نیوتن اندازه‌گیری کرد. برای این کار ابتدا میزان شتاب یا G را محاسبه کرده و بعد آنرا در فاکتور ۵ ضرب می‌کنیم. نیروهایی که سبب تغییر شکل در جمجمه بدون شکستگی می‌شوند، کمتر شناخته شده هستند، ولی مشخص شده است که جمجمه ممکن است حتی ۱۲/۵ میلی‌لیتر فرو رفتگی پیدا کند، بدون اینکه ایجاد شکستگی یا ضایعه دائمی کرده باشد.

### شتاب خطی

بر روی حیوانات بررسی‌های زیادی انجام شده است تا میزان تحمل انسان در مقابل Concussion تخمین زده شود. در طراحی کلاه‌های ایمنی، آنها را طوری طرح‌ریزی می‌کنند، که شتاب ۲۰۰G را بتوانند تحمل نمایند، ولی این در عمل بسته به پارامترهای زیادی دارد و عدد فوق عدد واقعی نیست. در کل عقیده بر این است، بشرطی که تغییر شکل موضعی در جمجمه اتفاق نیفتد، مغز انسان می‌تواند ۳۰۰-۴۰۰G را تحمل نماید، بدون آنکه شکستگی در جمجمه یا Concussion اتفاق بیفتد.

این شکل طراحی می‌کنند، ولی هنوز سطوح و اجسام زیادی در داخل کابین هست که خطرناک بوده و هنگام اصابت، سبب آسیب سر خواهند شد.

### کلاه‌های ایمنی

اگر چه هدف اولیه، جلوگیری از ایجاد ضایعات کشنده به سر می‌باشد، ولی بایستی در حد امکان از ایجاد هر گونه ضایعه به سر جلوگیری بعمل آید. امروزه استفاده از یک کلاه ایمنی مناسب، یکی از استانداردهای مهم پرواز است. در این قسمت مکانیسم‌هایی که توسط آن، کلاه ایمنی از آسیب به سر جلوگیری می‌کند، توضیح داده خواهد شد.

### مکانیک‌های حفاظت از سر توسط کلاه ایمنی

پخش یک ضربه وارده به سر و جلوگیری از تغییر شکل جمجمه هنگام وارد شدن ضربه به سر، کلاه ایمنی با مکانیسم‌های متعددی از ایجاد آسیب جلوگیری می‌کند. یکی از این مکانیسم‌ها، پخش کردن نیروهای وارده به سر است، در نتیجه، نیرویی که به یک قسمت مغز وارد می‌شود، کاهش یافته و بافت نرم نیز کمتر صدمه می‌بیند. علاوه بر آن، کلاه ایمنی از تغییر شکل جمجمه جلوگیری کرده و مقاومت در مقابل شتاب خطی را تا  $300\text{ G}$  افزایش می‌دهد. کلاه ایمنی برای انجام دو وظیفه فوق بایستی جنسی فوق‌العاده سفت و غیر قابل انعطاف داشته باشد. کلاه ایمنی با انتشار دادن ضربه به یک ناحیه وسیع تر از تغییر شکل و شکستگی جمجمه جلوگیری می‌کند. کلاه ایمنی نه تنها سبب جلوگیری از آسیب به مغز می‌شود، بلکه حتی از یک Concussion گذرا نیز جلوگیری بعمل می‌آورد، در نتیجه خلبان می‌تواند در شرایط بحرانی خود را نجات دهد.

### فراهم آوردن یک فاصله توقف مناسب

هنگام نشستن و بلند شدن هواپیما و یا حین انجام مانور، در اثر شتاب، سر یک حرکت در جهات مختلف خواهد داشت. مغز در داخل جمجمه حرکت می‌کند، این حرکت به میزان  $3\text{ mm}$  است. اگر فردی کلاه ایمنی داشته باشد،  $15\text{ mm}$  به آن اضافه شده و مسافتی را که مغز می‌تواند قبل از توقف طی نماید،  $18\text{ mm}$  خواهد شد. اگر مغز پس از طی  $3\text{ mm}$  مسافت به ناگهان متوقف شود، حدود  $500\text{ G}$  شتاب به آن وارد خواهد شد که واری تحمل بافت نرم مغز است، ولی اگر فرد دارای کلاه ایمنی باشد و مغز پس از طی  $18\text{ mm}$  مسافت متوقف شود، نیروی وارده به مغز فقط  $100$  ژول خواهد بود که توسط کلاه ایمنی به تمامی سر پخش شده و از ایجاد آسیب جلوگیری بعمل خواهد آورد.  $100$  ژول معادل  $83\text{ G}$

### شتاب زاویه‌ای

آقای Ommaya و همکارانش در آمریکا، تحقیقات وسیعی در مورد میزان تحمل مغز انسان در مقابل شتاب زاویه‌ای داده‌اند. اگر  $\text{Peak angular acceleration}$  بیش از  $5\text{ rad/s}^2$  باشد و یا  $\text{velocity change}$  بیش از  $70\text{ rad/s}$  باشد، سبب آسیب به مغز بویژه عروق مغزی می‌گردد.

### روش‌های جلوگیری کننده از ضایعه به سر

برای جلوگیری از ایجاد آسیب به سر هنگام ضربه به آن، روش‌های مختلفی وجود دارند، که بطور خلاصه در زیر توضیح داده شده است.

### استفاده از کمربندهای ایمنی مناسب

کمر بند ایمنی اگر مناسب و بطور صحیح استفاده شود، به مقدار زیادی از اصابت سر به اشیای اطراف جلوگیری خواهد کرد. با وجود ایمنی، حتی با استفاده از کمربندهای ایمنی مناسب، ممکن است نیروهای وارده به سر از چند جهت باشند (multidirectional) و در نتیجه سر در جهات مختلف حرکت خواهد داشت و کمر بند ایمنی سبب می‌شود که سر روی مهره‌های ستون فقرات گردنی جابجا شود. روشی مناسب تر جهت جلوگیری از اصابت سر به اطراف، استفاده از کمربندهای ایمنی مخصوص سر می‌باشد.

### وجود فضاهای مناسب در اطراف

هر قدر فضای اطراف وسیع تر و استاندارد باشد، اصابت سر به اشیای اطراف نیز کمتر خواهد بود، ولی فضا معمولاً ناکافی است و در طراحی هواپیماها، نمی‌توان فضای زیادی در اطراف خلبان مد نظر داشت، این بعلت محدودیت‌های ساختمانی هواپیماهای جنگنده می‌باشد، در کابین خلبان، بیشترین محل خطر برای اصابت سر، چهار چوب پنجره ها و در می‌باشد.

### پوشش مناسب برای سطوح مختلف

درست است که در طراحی هواپیما نمی‌توان فضای زیاد و مناسبی برای خلبان در نظر گرفت، ولی سطوح اطراف را می‌توان طوری طراحی و پوششی مناسب داد، که هنگام اصابت سر به آنها، احتمال آسیب و خطر کاهش یابد. بنابراین در کابین، سطوح خطرناک و برآمدگی‌ها را از جنس نرم و قابل تغییر شکل انتخاب می‌کنند، این سبب می‌شود که هنگام اصابت سر به آنها، مقداری از انرژی توسط سطوح مذکور جذب شود. اگر چه در بسیاری از هواپیماها کابین را به

پس از حادث شدن و رفع شدن یک حادثه، کلاه ایمنی را بایستی همچنان نگهداری کرد، چون احتمال ایجاد ضربات بعدی هست به عنوان مثال، خلبانی که می‌خواهد از هواپیما بیرون بپرد، از لحظه خروج از هواپیما تا نشستن بر روی زمین در معرض خطرات زیادی است.

با وجود بندهای مناسب در کلاه‌های ایمنی، ممکن است کلاه در موارد مختلفی از سر جدا شود، یکی از این موارد، پریدن از هواپیما با سرعت زیاد می‌باشد. در این موارد، نیروهای aerodynamic زیر کلاه وارد شده و آن را از سر بلند می‌کنند.

### حفاظت در مقابل نیروی باد

هنگام پریدن از یک هواپیما با سرعت بالا، بدن ناگهان در مقابل جریان هوا قرار می‌گیرد و نیروی باد یک فشار به میزان ۶۰ کیلو پاسکال و یا ۶۰۰ کیلو تنی ایجاد می‌کند. چنین نیرویی می‌تواند سبب ایجاد نقاط خونریزی متعدد در روی صورت و یا ملتحمة چشم شود و اگر دهان باز باشد و یا حفاظت نشده باشد، این نیروی باد سبب آسیب به ریه‌ها می‌شود. در این حالت محافظت از صورت در high-speed ejection یک امر حیاتی است، حفاظت را یک ماسک اکسیژن نیز می‌تواند انجام دهد، این ماسک توسط بندهایی به کلاه متصل می‌شود.

### ارزیابی میزان حفاظت

استانداردهای متعددی وجود دارند که هنگام طراحی کلاه‌های ایمنی بایستی آنها را مد نظر داشته و رعایت نمود. سه اصل کلی را بایستی رعایت نمود: مقاومت در مقابل سوراخ شدن، جذب نیرو و میزان توانائی در عدم جدا شدن از سر. هر یک از موارد فوق در زیر شرح داده می‌شوند.

### مقاومت در مقابل سوراخ شدن

در آزمایشگاه توسط وسایل مجهزی، کلاه را در معرض ضربات مختلف قرار داده و میزان مقاومت در مقابل سوراخ شدن را ارزیابی می‌کنند.

جسمی به وزن ۳kg از ارتفاع ۲ متری که دارای یک نوع شعاعی نیم میلی‌متری است، به صورت سقوط آزاد بر روی کلاه انداخته می‌شود، انرژی ضربه‌ای ۶۰ ژول ایجاد خواهد کرد.

### توانائی در مقابل میزان جذب ضربه

کلاه‌ها را سرد می‌کنند، گرم می‌کنند و یا آنها را در محلول‌های مختلف غوطه‌ور می‌سازند تا توانائی مقاومت کلاه‌ها در محیط‌های مختلف بدست آید. کلاه‌های ایمنی معمولاً ۵ kg وزن دارند. برای پی بردن به میزان جذب نیروی ضربه وارده به کلاه آن را در معرض ضرباتی با نیروی حدود ۹۰ و ۱۰۵ ژول قرار می‌دهند. بدنبال هر ضربه‌ای، یک ضربه دوم به همان محل ولی با نصف

شتاب ایجاد می‌کند که خیلی کمتر از آستانه برای ایجاد Concussion در مغز است.

در کلاه‌های ایمنی از دو نوع سیستم جذب کننده استفاده می‌شود. در ابتدا از یک پوسته Fiberglass استفاده می‌شد که هنگام وارد شدن ضربه شکسته و خرد می‌گردید. سیستم دیگر استفاده از Foam قابل خرد شدن در زیر پوسته کلاه ایمنی است. هنگام وارد شدن ضربه به این لایه به اندازه ۴۰٪ از ضخامت خود می‌شکند. در این سیستم، حتی می‌توان از پوسته‌های خیلی قوی‌تر و محکم‌تر استفاده کرد.

در طراحی کلاه‌های ایمنی، مواد آن را طوری انتخاب می‌کنند که اگر بر اثر وارد شدن نیرو به آنها شکسته شوند، در محدوده تحمل انسان باشد، ولی چنین موادی خیلی سفت بوده و تحمل آن چندان راحت نخواهد بود. برای راحتی، داخل کلاه ایمنی را امروزه دو لایه درست می‌کنند، که لایه داخلی، راحتی بیشتری فراهم می‌کند. سیستم کلاه ایمنی هر چه باشد، بایستی آن را از موادی بسازند که قابلیت جذب انرژی را داشته باشد.

### حفاظت در مقابل شتاب‌های چرخشی

اگر کلاه ایمنی خیلی سنگین باشد، سبب کاهش شتاب زاویه‌دار می‌شود که دارای دو عیب است: یکی بعلت وزن زیاد، تحمل آن مشکل است و دیگر این که با این نوع کلاه‌ها خطر آسیب به ستون فقرات گردنی افزایش می‌یابد. از این مکانیسم، هرگز به مقدار زیادی در طراحی کلاه‌های ایمنی استفاده نشده است. اگر سر با این کلاه‌ها، با یک زاویه حاد به سطحی برخورد نماید، سر در روی آن سطح یا می‌لغزد و یا غلط می‌خورد. اگر کلاه ایمنی دارای سطح صاف باشد، سر بر روی سطح مزبور لغزیده و از چرخش سر جلوگیری خواهد شد.

### میزان حفاظت توسط کلاه ایمنی

تمامی مکانیسم‌های حفاظت کننده که در بالا شرح داده شدند، فقط از نواحی حفاظت می‌کنند که بطور واقعی توسط کلاه پوشانده شده باشند.

فراهم کردن یک ناحیه برای دید خلبان و نیز فراهم آوردن یک فضای مناسب برای حرکت سر در طراحی کلاه، سبب می‌شود که از میزان حفاظت ایجاد شده توسط این کلاه‌ها کاسته شود، بنابراین استخوان‌های صورت از نواحی آسیب‌پذیر خواهند بود. چشم‌ها توسط حفره اربیت حفاظت خوبی خواهند داشت. حواشی کلاه ایمنی ضعیف‌تر هستند و این سبب می‌شود که انتشار نیرو توسط این قسمت بخوبی صورت نگرفته و نیروها لوکالیزه شوند.

### حفظ کلاه ایمنی

کلاه ایمنی دارای محلی است که از آن ماسک اکسیژن آویزان می‌شود. ماسک بایستی قابل تنظیم باشد، طوری که بتوان در شرایط مختلف از آن براحتی استفاده کرد. ماسک بایستی بخوبی در مقابل صورت سفت شود، تا در موقع پریدن از هواپیما ثابت بماند و ضمناً اجازه نشت اکسیژن را نیز ندهد. در مواجهه با شتاب‌های با شدت زیاد، ماسک بایستی حرکت زیاد نداشته باشد. یکی از راه‌های افزایش مقاومت در مقابل شتاب‌های پایدار، تنفس تحت فشار مثبت است، برای اینکه این نوع تنفس بخوبی انجام شود، نیازمند یک ماسک با خاصیت جلوگیری از نشست بالا می‌باشد. این ماسک‌ها را طوری طراحی می‌کنند که اولاً راحت باشند و ثانیاً فقط موقعی عمل کنند که در مواجهه با یک G قرار گیرند. امروزه ماسک‌ها طوری طراحی شده‌اند که دیگر نیازی به کار گذاشتن آنها توسط دست نمی‌باشد و در شرایط لازم بطور اتوماتیک بکار می‌افتند.

### حفاظت در مقابل تشعشعات هسته‌ای

انفجار هسته‌ای بعلاوه ایجاد یک نور ناگهانی سبب آسیب به چشم‌ها می‌شود، حتی می‌تواند سبب سوختگی شبکیه و کوری گردد. در شب وقتی که مردمک‌ها گشاد هستند، احتمال خطر و کوری فراوان است و برای اینکه خلبان بتواند به عملیات خود ادامه دهد، حفاظت از چشم‌ها یک امر حیاتی است. کلاه‌های ایمنی دارای تجهیزات مناسب محافظت‌کننده در مقابل تشعشعات هسته‌ای می‌باشند.

### سیر خصوصیات کلاه‌های ایمنی

مثل هر وسیله شخصی دیگری، کلاه ایمنی بایستی راحت باشد و کسی که از آن استفاده می‌کند، بایستی از میزان کارائی وی کاسته شود. وقتی یک هواپیما، بعلاوه مأموریت خاصی، مکرراً در مقابل شتاب‌ها و ارتعاشات گوناگون قرار می‌گیرد، ایده‌آل این است که وزن کلاه ایمنی بیش از ۲ kg نباشد. وزن کلاه ایمنی به تمامی سر منتقل می‌شود و مرکز ثقل کلاه ایمنی همراه با سر بایستی به مرکز ثقل سر به تنهائی نزدیک باشد. کلاه ایمنی تا آنجا که امکان دارد بایستی Compact درست شده باشد تا به وسایل و ساختمان‌های موجود در کابین هواپیما اصابت نکند. سطح خارجی کلاه ایمنی تا آنجا که امکان دارد بایستی صاف باشد. هر وسیله خارجی که قرار است از کلاه ایمنی آویزان شود بایستی حداقل ابعاد را داشته باشد. ممکن است لازم باشد که کلاه ایمنی را تا چند ساعت پوشید، تحمل آن تا یک ساعت خیلی ناراحت‌کننده است و بعد از شش ساعت بعلاوه خستگی دیگر نمی‌توان آنرا تحمل کرد.

کلاه ایمنی بایستی به هیچ وجه هنگام حرکت سر، حرکت خودبخودی داشته باشد و بایستی آن را طوری انتخاب کرد که کاملاً اندازه سر خلبان باشد (fit). فرد استفاده‌کننده از کلاه

شدت نیروی اولیه وارد می‌شود، هنگام وارد شدن این ضربات، در هیچ لحظه‌ای شتاب ایجاد شده در کلاه بایستی بیش از ۳۰۰ G باشد.

### توانائی کلاه در فیکس ماندن بر روی سر

برای این قسمت، کلاه بر روی یک سر مصنوعی گذاشته شده و یک نیروی مغناطیسی به اندازه ۱۰kg از ناحیه چانه وارد کلاه می‌شود که سبب ایجاد یک نیروی ناگهانی در داخل کلاه شده و تمایل دارد که کلاه را از سر جدا کند. کلاه بایستی بتواند یک نیروی ۳-۴ کیلو نیوتنی را بدون جابجائی تحمل کند.

### سایر فواید کلاه‌های ایمنی

کلاه‌های ایمنی علاوه بر جلوگیری از صدمات وارده به سر، فواید دیگری دارند که بطور خلاصه در زیر شرح داده می‌شوند.

### ایجاد ارتباط و جلوگیری از آسیب صوتی

در هواپیماهای نسل جدید شدت صوت بقدری در داخل کابین هواپیما زیاد است که بایستی آنرا از سیستم ارتباطی هواپیما توسط میکروفلون‌هائی جدا کرد و گرنه توانائی اجرائی سیستم آسیب خواهد دید. اصوات با شدت زیاد، نه تنها در ایجاد ارتباط اختلال ایجاد می‌کنند، بلکه ممکن است سبب آسیب موقت یا دائمی نیز بر قدرت شنوائی شوند. کلاه‌های ایمنی، در جلوگیری از آسیب صوتی، فوق‌العاده مؤثر هستند.

### حفاظت در مقابل اشعه خورشیدی

در مانورهای هوائی و یا عملیات هوائی، بعلاوه قرار گرفتن مکرر خلبان در معرض درخشندگی نور خورشید، مکرراً بایستی از فیلتر anti-glare استفاده نماید. کلاه‌های ایمنی دارای یک نوع فیلتر هستند که نزدیک به چشم‌ها تعبیه شده‌اند، این فیلترها قابل تنظیم است و چشم را در مقابل درخشندگی نور خورشید محافظت می‌کند و در عین حال این اجازه را به خلبان می‌دهد که دید داشته باشد و به عملیات خود ادامه دهد این وسایل anti-glare بایستی سبک باشند و ضمناً بتوانند در مانورهای با G بالا، در محل خود ثابت بمانند.

### حفاظت در مقابل اصابت پرندگان

هنگام پرواز در سطوح پائینی، تصادف با پرندگان، همیشه یک خطر است. کلاه‌های ایمنی دارای یک visor ساخته شده از پلی کربنات به ضخامت ۳ میلی‌متر هستند که در صورت لزوم می‌تواند ناحیه صورت و چشم‌ها را بپوشاند. لبه تحتانی این visor بایستی تقریباً در مقابل ماسک Oronasal باشد، در ارتفاع ۱۰۰۰ پائی از سطح زمین خطر تصادم با پرندگان حداقل است و می‌توان visor را برداشت.

### ایجاد محلی مناسب برای نصب ماسک صورتی اکسیژن

### منابع

به منابع یاد شده در شماره بهار و تابستان ۱۳۸۰ مجله طب نظامی رجوع شود.

ایمنی بایستی بتواند بدون کمک دیگران آن را در سر گذاشته و یا بردارد و این کار بایستی در همان فضای محدود کابین انجام پذیرد. کلاه ایمنی نبایستی میدان بینائی خلبان را محدود سازد. قسمت تحتانی کلاه ایمنی نبایستی سبب محدودیت حرکتی سر شود و نبایستی طوری باشد که جلوی حرکات گردن را بگیرد، گردن خلبان بایستی با کلاه ایمنی کاملاً متحرک باشد.