

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

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 منژئال 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 وریدهای 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.

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

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 می افتد و سبب ضایعات موضعی و منتشر در سر می شود. اگر کشش به جمجمه از نوع چرخشی باشد، جمجمه بر روی سطح مغز لغزیده و خود مغز نیز متحمل چرخش می شود، هر کدام از غشاهای مغز، بر روی لایه تحتانی خود می چرخد و این سبب کشش و پارگی مغز از سطح تا به عمق می شود. این کشش ها سبب پارگی در غشاهای مغز، خونریزی و له شدگی سطحی یا عمیق آن می شوند. عروق پل مانند که مغز متحرک را به جمجمه فیکس می کنند در معرض خطر پاره شدن بیشتری هستند. این عروق بیش از ۱۰ میلی لیتر کشیدگی را نمی توانند تحمل کنند و دچار پارگی و خونریزی خواهند شد. این نوع پارگی عروق ممکن است بدون شکستگی استخوان های 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 می گردد. علائم وسیع بوده و در نهایت سبب یک حالت فلج می شود. در واقع بدون شواهد ماکروسکوپی آسیب به ساختمان های جمجمه می باشد، معمولاً هیچ نوع عارضه ای از خود به غیر از یک دوره فراموشی نسبت به گذشته به جا نمی گذارد. مکانیک ها 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 می شوند و این نیروست که سبب ایجاد Concussion می شود. در حین یک شتاب خطی، یک اینرسی در مغز پدید آمده و در ابتدا، در محل اصابت ضربه یک ناحیه با فشار بالا ایجاد می شود و درست در نقطه مقابل آن، یک منطقه با فشار پائین ایجاد می شود. این حفرات میکروسکوپی که بعداً از بین می روند، بلافاصله سبب آسیب سلولی در مجاورت خود می شوند.

مقاومت در مقابل آسیب

برای پی بردن به روش های محافظت از سر لازم است بطور دقیق میزان تحمل انسان در مقابل آسیب های 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 می توان 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 ناحیه ای از سر که تروما به آن وارد شده است مشخص می گردد. نیرو را می توان برحسب واحد سطح در فشار بیان کرد (پاسکال) (N/m^2) سرانجام به طور کلی انتقال انرژی به سر را می توان بصورت نیوتن در متر (ژول) بیان نمود. در کل، وقتی صحبت از Concussion می باشد، شتاب برحسب G و انرژی بر حسب ژول می باشد.

تحمل انسان در مقابل مکانیسم های آسیب رسان

تحمل انسان در مواجه 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 استخوان ها و بافت نرم رابطه نزدیکی با محل اصابت ضربه دارد، مثلاً برای بینی $30G$ ، برای فک $40G$ ، برای استخوان زایگوما $50G$ ، برای داندان های جلویی $100G$ و برای استخوان های تمپورال و پاریتال $100-50G$ می باشد. در ضایعه به ناحیه سر، نیرو را می توان برحسب نیوتن اندازه گیری کرد. برای این کار ابتدا میزان شتاب یا G را محاسبه کرده و بعد آنرا در فاکتور ۵ ضرب می کنیم. نیروهایی که سبب تغییر شکل در جمجمه بدون شکستگی می شوند، کمتر شناخته شده هستند، ولی مشخص شده است که جمجمه ممکن است حتی $12/5$ میلی لیتر فرو رفتگی پیدا کند، بدون اینکه ایجاد شکستگی یا ضایعه دائمی کرده باشد.

شتاب خطی

بر روی حیوانات بررسی های زیادی انجام شده است تا میزان تحمل انسان در مقابل Concussion تخمین زده شود. در طراحی کلاه های ایمنی، آنها را طوری طرح ریزی می کنند، که شتاب $200G$ 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 می تواند $300-400G$ 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 وارد شده 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 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 mm است. اگر فردی کلاه ایمنی داشته باشد، 15 mm به آن اضافه شده و مسافتی را که مغز می‌تواند قبل از توقف طی نماید، 18 mm خواهد شد. اگر مغز پس از طی 3 mm مسافت به ناگهان متوقف شود، حدود 500 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 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 G

شتاب زاویه‌ای

آقای Ommaya و همکارانش در آمریکا، تحقیقات وسیعی در مورد میزان تحمل مغز انسان در مقابل شتاب زاویه‌ای داده‌اند. اگر Peak angular acceleration بیش از 5 rad/s^2 باشد و یا velocity change بیش از 70 rad/s^2 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

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.