بخش دوم

حدود مجاز شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه[1]

پایش بیولوژیک[2]

پایش بیولوژیک سنجش غلظت یک ماده شیمیایی یا متابولیت های آن در ماتریس های بیولوژیک بوده و امکان ارزیابی مواجهه کارگران با مواد شیمیایی موجود در محیط کار را در زمان های مشخص، از طریق اندازه‌گیری نشانگرهای مناسب در نمونه های بیولوژیک (شامل ادرار، خون و هوای بازدم) فراهم می نماید. پایش بیولوژیک مکملی جهت ارزیابی مواجهه از طریق نمونه برداری هوا بوده و با شناخت به موقع اثرات برگشت پذیر، نقش مهمی در کاهش ریسک های مؤثر بر سلامت کارگران دارد. انجام برنامه های مراقبت بهداشتی کارگران در قالب پایش بیولوژیک، مستلزم به کارگیری یک ساز و کار اصولی و منظم مبتنی بر مقررات طی یک دوره زمانی طولانی بوده و متخصصین بهداشت حرفه‌ای را در انجام امور زیر یاری می کند:

- شناسایی و تعیین مقدار ماده شیمیایی که علاوه بر استنشاق از طریق پوست و خوراکی جذب شده
- اطلاع از مواجهات انجام شده در گذشته و ارزیابی میزان سربار بدن
- شناسایی مواجهات غیر شغلی کارگران
- بررسی میزان اثربخشی وسایل حفاظت فردی و کنترل های مهندسی
- نظارت بر شیوه انجام کار

معمولاً جهت طراحی، انجام و تفسیر پایش بیولوژیک در مواجهات شغلی از شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs) استفاده می گردد، که کاربرد این شاخص بستگی به میزان تجربه در زمینه بهداشت حرفه‌ای و مستندات موجود در خصوص حد مجاز مواجهه شغلی[3] (OEL) دارد.

---

1 - Biological Exposure Indices

2 - Biological Monitoring

3 - Occupational Exposure Limit

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه، مقادیر راهنما جهت ارزیابی نتایج پایش بیولوژیک بوده و از نمونه‌های جمع آوری شده از کارگران سالمی که از راه استنشاق در مواجهه با مقادیر در محدوده OEL می‌باشند، به دست می آید. در این بین موادی که OEL آنها بر مبنای محافظت در مقابل آثار غیر سیستمیک (مانند تحریک یا اختلالات تنفسی) ارائه شده، به علت جذب قابل ملاحظه این مواد از سایر راهها (اغلب پوست) استثناء بوده و لذا در این موارد نیاز به انجام پایش بیولوژیک خواهد بود.

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه به طور کلی معرف مقادیری است که در پائین تر از آن اثرات زیان-آوری بر سلامتی کارگران وجود نداشته باشد. هر چند BEI جهت سنجش اثرات زیان آور یا تشخیص بیماری ها توصیه نشده، معذلک متخصصین بهداشت حرفه‌ای را جهت شناسایی و تعیین مقدار مواد شیمیایی که علاوه بر استنشاق، از طریق پوست یا گوارش جذب شده‌اند، یاری می‌کند.

ارتباط BEI با OEL

پایش هوا به منظور تعیین OEL، نشان دهنده مواجهه استنشاقی بالقوه فردی یا گروهی بوده، در حالی که BEI، شاخص جذب ماده شیمیایی توسط فرد می باشد. به دلایل مختلف، میزان جذب افراد یک گروه شاغل با یکدیگر متفاوت است، از این رو ممکن است بین اطلاعات به دست آمده از نتایج نمونه‌برداری هوا و پایش بیولوژیکی تناقضات زیر مشاهده گردد. لذا قبل از طراحی و تفسیر برنامه پایش بیولوژیکی، مراجعه به مستندات اختصاصی BEIs ضروری است.

- تفاوت فیزیولوژیکی و سطح سلامتی کارگران از جمله: ساختار بدنی، رژیم غذایی، فعالیت آنزیمی و متابولیکی، ترکیب مایعات بدن، سن، جنس، بارداری، مصرف دارو و بیماری.
- فاکتورهای مواجهه شغلی مانند: سرعت، شدت و مدت زمان انجام کار، مواجهه پوستی، دما و رطوبت، مواجهه هم زمان با انواع مواد شیمیایی و سایر عادات شغلی.
- برنامه زمانی نمونه برداری[1]: رعایت دقیق برنامه زمانی به علت متفاوت بودن فرایندهای توزیع، دفع و تغییرات بیوشیمیایی حاصل از مواجهه با مواد شیمیایی، و توصیه جهت استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه تنها در صورت رعایت برنامه زمانی توصیه شده.
- فاکتورهای روش کار شامل: آلودگی ثانویه نمونه، تخریب نمونه هنگام جمع آوری، نگهداری و تجزیه و نیز خطا و اشتباه در انتخاب روش تجزیه.
- موقعیت قرار گیری وسیله پایش هوا نسبت به منطقه تنفسی کارگر.

1 - Schedule Sampling

- توزیع اندازه ذرات و فراهم زیستی.[1]
- میزان اثربخشی وسایل حفاظت فردی.
- فاکتورهای مواجهه غیر شغلی مانند: آلاینده‌های خانگی[2] و محیطی، آلودگی آب و غذا، بهداشت فردی، استعمال دخانیات، دارو و الکل، مواجهه با بعضی مواد شیمیایی که مصرف خانگی دارند، مواجهه با مواد شیمیایی مربوط به تفریح و سرگرمی یا موجود در سایر محیط های کاری.

اساس پیشنهاد هر BEI در مستندات موجود ارائه گردیده، اغلب BEIs با OEL ارتباط مستقیم داشته و لذا هنگامی که غلظت مواد شیمیایی هوابرد در محدوده OEL باشد، غلظت شاخص‌ها قابل پیش بینی خواهد بود. در حالیکه مقادیر برخی از شاخص‌ها مانند سرب از OEL به دست نیامده و با میزان پیشرفت اثرات بهداشتی نامطلوب ارتباط دارد.

جمع آوری نمونه

از آن جایی که غلظت برخی از نشانگرها ممکن است سریعاً تغییر کند، لذا زمان جمع آوری نمونه بسیار حائز اهمیت بوده و بایستی با دقت کنترل و ثبت گردد. زمان نمونه برداری با توجه به زمان ماندگاری نشانگر تعیین می گردد. مواد شیمیایی که در بدن تجمع می‌یابند، به زمان نمونه برداری خاصی نیاز ندارند. زمانهای جمع آوری نمونه توصیه شده به شرح زیر می باشند:

- ابتدای شیفت[3]: ۱۶ ساعت بعد از خاتمه مواجهه.
- در طی شیفت[4]: در هر زمان پس از ۲ ساعت مواجهه.
- انتهای شیفت[5]: در اولین فرصت پس از خاتمه مواجهه.
- انتهای هفته کاری[6]: بعد از ۴ یا ۵ روز مواجهه مداوم.
- اختیاری[7]: در هر زمان دلخواه.

1 - Bioavailability
2 - Household
3 - Prior to Shift
4 - During Shift
5 - End of Shift
6 - End of Work Week
7 .Discretionary

مقبولیت[1] نمونه ادرار

نمونه‌های ادرار خیلی رقیق یا خیلی غلیظ معمولاً جهت پایش مناسب نیستند. سازمان بهداشت جهانی در خصوص حدود قابل نمونه ادرار دستورالعمل زیر را ارائه نموده است:

- غلظت کراتینین بین ۳ gr/L - ۰/۳ یا وزن مخصوص بین ۱/۰۳۰ – ۱/۰۱۰

نمونه های خارج از مقادیر فوق بایستی دور ریخته شده و نمونه‌های دیگری جمع‌آوری گردد. از کارگرانی که به طور متوالی نمونه ادرار غیر قابل قبول داشته باشند، بایستی معاینات پزشکی به عمل آید. غلظت آن دسته از BEIs که وابسته به میزان ادرار باشد، نسبت به کراتینین بیان می گردد. در حالیکه مواد شیمیایی دفع شده از راه انتشار، لزومی به اصلاح برون ده ادرار ندارند. زمانی که داده‌های میدانی اندازه-گیری کراتینین در دسترس باشد، BEI را بایستی نسبت به کراتینین بیان نمود. در سایر موارد که اصلاح توصیه نشده باشد، BEI به صورت غلظت در ادرار گزارش می گردد.

ضمانت کیفی

پایش بیولوژیک از تمامی جوانب بایستی مطابق با یک برنامه تضمین کیفیت انجام گیرد. نمونه ها بایستی فاقد آلودگی ثانویه بوده، هنگام جمع‌آوری تخریب نشده و با استفاده از ظروف مناسب و ثبت دقیق مشخصات فرد نمونه دهنده، زمان نمونه‌گیری و شرایط زمانی- مکانی مواجهه، جمع آوری گردد. روش تجزیه آزمایشگاهی باید از صحت، دقت و حساسیت مناسب جهت اندازه‌گیری BEI برخوردار بوده و تجزیه نمونه ها مطابق با ضوابط کنترل کیفیت معمول آزمایشگاهی انجام گیرد.

متخصصین بهداشت حرفه‌ای جهت ارزیابی صحت و درستی نتایج، بایستی همراه با نمونه کارگر، یک سری نمونه کور[2] شامل انواع نمونه شاهد[3] و نمونه‌های حاوی استاندارد افزوده[4] تهیه و به آزمایشگاه ارسال نمایند، تا بدین وسیله نسبت به توانایی آزمایشگاه در اندازه‌گیری دقیق BEI، اطمینان حاصل کنند.

نمادهای ملاحظات

- "B" (زمینه): نشانگر مورد نظر ممکن است به میزان قابل ملاحظه‌ای در نمونه های بیولوژیک اخذ شده از افرادی که مواجهه شغلی ندارند نیز یافت شود، این مقادیر زمینه‌ای در تعیین BEI لحاظ شده است.

1 - Acceptability
2 - Blind
3 - Blank
4 - Spiked

- "Nq" (غیر کمی): بر مبنای مطالعه متون علمی موجود، لازم است برای این ترکیب نیز پایش بیولوژیک منظور شود اما در حال حاضر اطلاعات کافی جهت تعیین BEI اختصاصی موجود نمی باشد.
- "NS" (غیر اختصاصی): نشانگر غیر اختصاصی بوده و ممکن است در اثر مواجهه با سایر مواد شیمیایی نیز در نمونه بیولوژیک یافت گردد.
- "Sq" (نیمه کمی): هر چند این نشانگر به عنوان شاخص بیولوژیک مواجهه با مواد شیمیایی کاربرد دارد، اما اندازه‌گیری آن از نظر کمی به دقت قابل تفسیر نمی باشد. لذا در مواقعی که انجام آزمایش کمی مقدور نباشد و یا آزمایش کمی اختصاصی نبوده و اصل نشانگر مورد سؤال باشد، جهت آزمایش غربالگری و اثبات تشخیص، می توان از این نشانگر استفاده نمود.

کاربرد BEIs

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه که به عنوان راهنمایی جهت ارزیابی خطرات بهداشتی بالقوه در بهداشت حرفه‌ای کاربرد دارد، نشان دهنده تمایز مشخص بین مرز مواجهات خطرناک و بی خطر نمی-باشد. به طور مثال در مواردی ممکن است بالا بودن غلظت نشانگر خاصی از BEI، منجر به افزایش ریسک سلامت نگردد. چنانچه نتایج اندازه‌گیری نمونه های مختلف اخذ شده از یک کارگر از BEI بیشتر باشد، بایستی علت موضوع بررسی و اقداماتی در راستای کاهش مواجهه انجام گردد. همچنین اگر نتایج اندازه‌گیری به دست آمده از گروهی از کارگران شاغل در یک محیط کاری واحد، از مقادیر BEI تجاوز کند، ثبت اطلاعات مربوط به عملیات کاری و انجام تحقیقات ضرورت می یابد.

با توجه به تغییرات طبیعی غلظت BEI در نمونه های بیولوژیک، نتایج به دست آمده از یک نمونه واحد نبایستی ملاک عمل قرار گرفته و جز در مواقع نمونه برداری مکرر و یا تجزیه تکراری یک نمونه، عملیات اجرایی را نبایستی به یک نمونه واحد محدود نمود. چنانچه دلایل قانع کننده‌ای دال بر معنی دار بودن حتی یک نتیجه بالا حاصل از مواجهه زیاد وجود داشته باشد، بهتر است از ادامه کار کارگر ممانعت گردد. در مقابل مشاهدات مقادیر پایین‌تر از BEI نیز لزوماً گویای عدم وجود ریسک مؤثر بر سلامتی نمی باشد.

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه صرفاً جهت کنترل خطرات بهداشتی بالقوه در کارگر توصیه شده و جهت استفاده در جمعیت‌های عمومی و مواجهات غیر شغلی مناسب نمی باشد. شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه برای ۸ ساعت مواجهه روزانه در ۵ روز هفته کاربرد دارد، هر چند ممکن است در برخی مشاغل، از تغییر برنامه زمان کاری استفاده شود، معذلک کمیته BEI هیچ گونه تغییر یا فاکتور اصلاحی را در BEIs توصیه نمی‌کند. مقادیر BEI نه خط مرزی بین سلامت و غلظت های خطرناک بوده و نه شاخص

سمیت محسوب گردیده و بایستی توسط مطلعین بهداشت حرفه‌ای استفاده گردد. از آن جایی که دانش متابولیسم، توزیع، تجمع، دفع و اثرات مواد شیمیائی به طور مؤثری در استفاده از BEIs مفید می باشد، لذا هنگام تصویب BEIs از اطلاعات توکسیکوکینتیک[1] و توکسیکودینامیک[2] نیز بهره گرفته شده است.

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)

ردیف	ماده شیمیایی	CAS[3] No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
۱	استن ACETONE	[67-64-1]	استن در ادرار	انتهای شیفت	۵۰ mg/L	غیراختصاصی
۲	آفت کش های مهار کننده استیل کولین استراز ACETYLCHOLINESTERAS INHIBITING PESTICIDES	--	فعالیت کولین استرازی در گلبول های قرمز	اختیاری	۷۰٪ فعالیت پایه خود فرد	غیراختصاصی
۳	آنیلین ANILINE	[62-53-3]	آنیلین در ادرار	انتهای شیفت	--	غیرکمی
			آنیلین آزاد شده از هموگلوبین در خون	انتهای شیفت	--	غیرکمی
			پارا آمینوفنل در ادرار	انتهای شیفت	۵۰ mg/L	زمینه، نیمه‌کمی و غیراختصاصی
۴	آرسنیک فلزی ARSENIC, ELEMENTALترکیبات غیر آلی محلول (شامل آرسنید گالیم و آرسین) and SOLUBLE INORGANIC COMPOUNDS (excludes gallium arsenide and arsine)	[7440-38-2]	آرسنیک غیر آلی به علاوه متابولیت های متیله در ادرار	انتهای هفته کاری	۳۵ µgAs/L	زمینه
۵	بنزن BENZENE	[71-43-2]	اس-فنیل مرکاپتوریک اسید در ادرار	انتهای شیفت	۲۵µg/g کراتینین	زمینه

1 - Toxicokinetic

2 - Toxicodynamic

3 - Chemical Abstracts Service

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)						
ردیف	ماده شیمیایی	CAS[۲] No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
			ترانس – ترانس موکونیک اسید در ادرار	انتهای شیفت	µg/g ۵۰۰کراتینین	زمینه
۶	۱و۳ بوتادی ان 1,3-BUTADIENE	[106-99-0]	۱و۲ دی هیدروکسی – ۴-(ان – استیل سیستینیل)-بوتان در ادرار	انتهای شیفت	۲/۵ mg/L	زمینه و غیراختصاصی
			مخلوط ان-۱ و ان-۲ (هیدروکسی بوتیل) والین متصل شده به هموگلوبین (Hb) در خون	اختیاری	۲/۵ pmol/g هموگلوبین	غیراختصاصی
۷	۲- بوتوکسی اتانول و ۲-بوتوکسی اتیل استات 2-BUTOXYETHANOL and 2-BUTOXYETHYL ACETATE	[111-76-2]	بوتوکسی استیک اسید (BAA) در ادرار	انتهای شیفت	۲۰۰mg/g کراتینین	---
۸	کادمیوم CADMIUM و ترکیبات غیرآلی آن and INORGANIC COMPOUNDS	[7440-43-9]	کادمیوم در ادرار	اختیاری	۵µg/g کراتینین	زمینه
			کادمیوم در خون	اختیاری	۵µg/L	زمینه
۹	دی سولفید کربن CARBON DISULFIDE	[75-15-0]	۲-تیواکسوتیازولیدین – ۴-کربوکسیلیک اسید (TTCA) در ادرار	انتهای شیفت	0/5 mg/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی
۱۰	منوکسید کربن CARBON MONOXIDE	[75-15-0]	کربوکسی هموگلوبین در خون	انتهای شیفت	٪۳/۵ هموگلوبین	زمینه و غیراختصاصی
			منوکسید کربن در هوای بازدم	انتهای شیفت	۲۰ppm	زمینه و غیراختصاصی
۱۱	کلروبنزن CHLOROBENZENE	[108-90-7]	۴-کلروکاتکول در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۱۰۰ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
			پاراکلروفنل در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۲۰mg/g کراتینین	غیراختصاصی

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)						
ردیف	ماده شیمیایی	CAS[۲] No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
۱۲	کروم(VI) و فیوم های محلول در آب CHROMIUM (VI), Water-soluble fume	—	کروم کل در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۲۵µg/L	---
				افزایش یافته در طول شیفت	۱۰µg/L	---
۱۳	کبالت COBALT	[7440-48-4]	کبالت در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۱۵µg/L	زمینه
			کبالت در خون	انتهای شیفت در آخر هفته	۱µg/L	زمینه و غیراختصاصی
۱۴	سیکلوهگزانول CYCLOHEXANOL	[108-93-0]	۱و۲-سیکلوهگزان دی ال در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	--	غیرکمی و غیراختصاصی
			سیکلوهگزانول در ادرار	انتهای شیفت	--	غیرکمی و غیراختصاصی
۱۵	سیکلوهگزانون CYCLOHEXANONE	[108-94-1]	۱و۲-سیکلوهگزان دی ال در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۸۰mg/L	نیمه‌کمی و غیراختصاصی
			سیکلوهگزانول در ادرار	انتهای شیفت	۸mg/L	نیمه‌کمی و غیراختصاصی
۱۶	دی کلرومتان DICHLOROMETHANE	[75-09-2]	دی کلرومتان در ادرار	انتهای شیفت	۰/۳ mg/L	نیمه‌کمی
۱۷	ان و ان دی متیل استامید N,N-DIMETHYLACETAMIDE	[127-19-5]	ان-متیل استامید در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۳۰ mg/g کراتینین	---
۱۸	ان و ان دی متیل فورمامید (DMF) N,N-DIMETHYLFORMAMIDE	[68-12-2]	ان-متیل فورمامید در ادرار	انتهای شیفت	۱۵ mg/L	---
			ان-استیل-اس-(ان-متیل کاربامویل) سیستئین در ادرار	ابتدای آخرین شیفت هفته	۴۰ mg/L	نیمه‌کمی
۱۹	۲-اتوکسی اتانول (EGEE) و ۲-اتوکسی اتیل استات (EGEEA) 2-ETHOXYETHANOL and 2-ETHOXYETHYL ACETATE	[110-80-5] And [111-15-9]	۲-اتوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۱۰۰ mg/g کراتینین	---
۲۰	اتیل بنزن ETHYL BENZENE	[100-41-4]	مجموع مانندلیک اسید و فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۰/۷ mg/g کراتینین	نیمه‌کمی و غیراختصاصی

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)

ردیف	ماده شیمیایی	CAS[۲] No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
			اتیل بنزن در هوای بازدم	اختیاری	--	نیمه‌کمی
۲۱	* فلورایدها FLUORIDES	--	فلورایدها در ادرار	ابتدای شیفت	۳ mg/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی
				انتهای شیفت	۱۰ g/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی
۲۲	فورفورال FURFURAL	[98-01-1]	فوروئیک اسید در ادرار	انتهای شیفت	۲۰۰ mg/L	غیراختصاصی
۲۳	ان- هگزان n-HEXANE	[110-54-3]	۲و۵- هگزان دی ان در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۰/۴ mg/L	---
۲۴	سرب LEAD	[7439-92-1]	پروتوپورفیرین روی (ZPP) در خون	حداقل پس از ۱ ماه مواجهه	۲۵۰ µg/dL گلبولهای قرمز	زمینه
					۱۰۰ µg/dL خون	زمینه
			دلتا آمینو لوولنیک (ΔALA) در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۵mg/L	نیمه‌کمی
			سرب در خون	اختیاری	۳۰µg/dL	---
تذکر: زنان باردار با سرب خون بالاتر از ۱۰ µg/dL به طور بالقوه در معرض ریسک به دنیا آوردن نوزادن با سرب خون بیش از مقادیر توصیه شده توسط مرکز کنترل بیماری ها (CDC)، قرار دارند. ریسک نارسائی شناختی در این کودکان بالا بوده و لذا سرب خون آنان بایستی به طور منظم پایش شده و اقداماات مناسبی جهت به حداقل رساندن مواجهه محیطی این کودکان اتخاذ گردد. (پیشگیری از مسمومیت با سرب در نوزادان- CDC - اکتبر ۱۹۹۱)						
۲۵	جیوه MERCURY	--	جیوه غیرآلی کل در ادرار	ابتدای شیفت	۳۵µg/g کراتینین	زمینه
			جیوه غیرآلی کل در خون	انتهای شیفت در آخر هفته	۱۵µg/L	زمینه
۲۶	متانول METHANOL	[67-56-1]	متانول در ادرار	انتهای شیفت	۱۵mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۲۷	القاء کننده های متهموگلوبینی METHEMOGLOBIN INDUCERS	--	مت هموگلوبین در خون	در طول یا انتهای شیفت	۱/۵٪ هموگلوبین	زمینه، نیمه‌کمی و غیراختصاصی
۲۸	۲-متوکسی اتانول (EGME) و متوکسی اتیل استات (EGMEA) 2-METHOXYETHANOL and 2-METHOXYETHYL ACETATE	[109-86-4] and [110-49-6]	۲-متوکسی استیک اسید در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۱mg/g کراتینین	---

ردیف	ماده شیمیایی	CAS* No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
	شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)					
۲۹	متیل ان-بوتیل کتون METHYL n-BUTYL KETONE	[591-78-6]	۲و۵ - هگزان دی ان در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۰/۴ mg/L	---
۳۰	متیل کلروفرم METHYL CHLOROFORM	[71-55-6]	متیل کلروفرم در هوای بازدم	ابتدای آخرین شیفت هفته	۴۰ppm	---
			تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای هفته کاری	۱۰ mg/L	نیمه‌کمی و غیراختصاصی
			تری کلرواتانول کل در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۳۰ mg/L	نیمه‌کمی و غیراختصاصی
			تری کلرواتانول کل در خون	انتهای شیفت در آخر هفته	۱ mg/L	غیراختصاصی
۳۱	۴و۴-متیلن بیس (۲-کلرو آنیلین) [MBOCA] 4,4-METHYLENE BIS (2-CHLOROANILINE)	[101-14-4]	MBOCA کل در ادرار	انتهای شیفت	--	نیمه‌کمی
۳۲	متیل اتیل کتون (MEK) METHYL ETHYL KETONE	[78-93-3]	MEK در ادرار	انتهای شیفت	۲ mg/L	---
۳۳	متیل ایزوبوتیل کتون (MIBK) METHYL ISOBUTYL KETONE	[108-10-1]	MIBK در ادرار	انتهای شیفت	۱ mg/L	---
۳۴	ان-متیل-۲-پیرولیدین N-METHYL-2PYROLIDONE	[872-50-4]	۵-هیدروکسی-ان-متیل-۲-پیرولیدون در ادرار	انتهای شیفت	۱۰۰ mg/L	---
۳۵	نیتروبنزن NITROBENZENE	[98-95-3]	پارانیتروفنل کل در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۵mg/g کراتینین	غیراختصاصی
			متهموگلوبین در خون	انتهای شیفت	٪۱/۵ هموگلوبین	زمینه، نیمه‌کمی و غیراختصاصی
۳۶	پاراتیون PARATHION	[56-38-2]	پارانیتروفنل کل در ادرار	انتهای شیفت	۰/۵ mg/g کراتینین	غیراختصاصی
			فعالیت کولین استراز در گلبول های قرمز	اختیاری	۷۰٪ فعالیت پایه خود فرد	زمینه، نیمه‌کمی و غیراختصاصی
۳۷	پنتاکلروفنل (PCP) PENTACHLOROPHENOL	[87-86-5]	PCP کل در ادرار	ابتدای آخرین شیفت هفته	۲ mg/g کراتینین	زمینه
			PCP آزاد در پلاسما	انتهای شیفت	۵mg/L	زمینه

شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)						
ردیف	ماده شیمیایی	CAS[۲] No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
۳۸	فنل PHENOL	[108-95-2]	فنل در ادرار	انتهای شیفت	۲۵۰mg کراتینین	زمینه و غیراختصاصی
۳۹	بای فنیل های پلی کلرینه (PCBs) POLYCHLOROBIPHENYLS	—	PCB کل در خون	اختیاری	۲۵µg/L	---
۴۰	هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای(PAHs) POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS	—	۱-هیدروکسی پیرین (1-HP) در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	—	نیمه‌کمی
۴۱	۲-پروپانول 2-PROPANOL	[67-63-0]	استون در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۴۰mg/L	زمینه و غیراختصاصی
۴۲	استایرن STYRENE	[100-42-5]	مندلیک اسید به علاوه فنیل گلی اگزالیک اسید در ادرار	انتهای شیفت	۴۰۰mg/g کراتینین	غیراختصاصی
			استیرن در خون وریدی	انتهای شیفت	۰/۲ mg/L	نیمه‌کمی
۴۳	تتراکلرواتیلن TETRACHLORO ETHYLENE	[127-18-4]	تتراکلرواتیلن در هوای بازدم	ابتدای شیفت	۳ppm	---
			تتراکلرواتیلن در خون	ابتدای شیفت	۰/۵ mg/L	---
۴۴	تتراهیدروفوران TETRAHYDROFURAN	[109-99-9]	تتراهیدروفوران در ادرار	انتهای شیفت	۲ mg/L	---
۴۵	تولوئن TOLUENE	[108-88-3]	تولوئن در خون	ابتدای آخرین شیفت هفته	۰/۰۲ mg/L	---
			تولوئن در ادرار	انتهای شیفت	۰/۰۳mg/L	---
			اتوکروزول در ادرار	انتهای شیفت	۰/ ۳mg/g کراتینین	زمینه
			اسید هیوریک در ادرار	انتهای شیفت	۱/ ۶ g/g کراتینین	زمینه و غیراختصاصی
۴۶	تری کلرواتیلن TRICHLOROETHYLENE	[79-01-6]	تری کلرواستیک اسید در ادرار	انتهای شیفت در آخر هفته	۱۵mg/L	غیراختصاصی
			تری کلرواتانول در خون	انتهای شیفت در آخر هفته	۰/۵ mg/L	غیراختصاصی
			تری کلرواتانول در	ابتدای آخرین	۱۰۰mg/L	غیراختصاصی

ردیف	ماده شیمیایی	CAS[۲] No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
			شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه (BEIs)			
			ادرار	شیفت هفته		
			ترکیبات تری کلرو کل در ادرار	ابتدای آخرین شیفت هفته	۱۵۰mg/L	غیراختصاصی
			تری کلرواتیلن در خون	انتهای شیفت در آخر هفته	--	نیمه‌کمی
			تری کلرواتیلن در هوای بازدم	انتهای شیفت در آخر هفته	--	نیمه‌کمی
۴۷	اورانیوم URANIUM	[7440-61-1]	اورانیوم در ادرار	انتهای شیفت	۲۰۰µg/L	---
۴۸	پنتوکسید وانادیوم VANADIUM PENTOIDE	[79-01-6]	وانادیوم در ادرار	انتهای شیفت	۵۰ µg /g کراتینین	---
۴۹	گزیلن‌ها (آزمایشگاهی یا تجارتی) XYLENES (technical or commercial grade)	[95-47-6; 108-38-3; 106-42-3; 1330-20-7]	متیل هیوریک اسید در ادرار	انتهای شیفت	۱/ ۵g/g کراتینین	---

اعلام تغییرات در دست بررسی[۱] (NIC)

مواد شیمیایی و شاخص‌های بیولوژیکی مربوط به آنها به یکی از دلایل زیر در لیست تغییرات در دست بررسی (NIC) قرار گرفته و در مدت قرارگیری BEI در لیست، پیشنهادات رسیده توسط کمیته فنی مربوطه بررسی می گردد.

- پیشنهاد یک شاخص بیولوژیکی برای اولین بار.
- پیشنهاد تغییر برای یک شاخص بیولوژیکی تصویب شده.
- پیشنهاد باقی ماندن ماده شیمیایی در لیست تغییرات.
- رد پیشنهاد پذیرش و عدم خروج BEI مورد نظر از لیست.

چنانچه در مدت حضور ماده شیمیایی در لیست تغییرات در دست بررسی، مستندات کافی مبتنی بر علمی بودن دلایل تغییر در BEI موجود دریافت نگردد، BEI تصویب شده قبلی از جانب کمیته فنی مورد

1 - Notice Intended Changes

پذیرش قرار می‌گیرد. اما اگر مستندات و شواهد دریافت شده در این مدت از نقطه نظر کارشناسی قانع کننده باشد، کمیته فنی مجاز به باقی گذاشتن و یا خارج نمودن ماده شیمیایی از لیست NIC می‌باشد.

اعلام تغییرات در دست بررسی (BEIs)						
ردیف	ماده شیمیایی	CAS No.	شاخص	زمان نمونه برداری	BEI	ملاحظات
۱	فلوراید‌ها FLUORIDES	—	فلوراید‌ها در ادرار	ابتدای شیفت	۲ mg/L کراتینین	زمینه و غیر اختصاصی
				انتهای شیفت	۳ mg/L کراتینین	زمینه و غیر اختصاصی

منابع

ACGIH, Threshold limit values (TLVs) for chemicals substances and Physical agents and biological exposure indices. Cincinati, Ohaio, 2011.

European Agency for Safety and Health at Work, Exploratory Survey of OELs for Carcinogens, Mutagens and Reprotoxic Substances at EU Member States Level. 2007.

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2010-2011), J Occup Health. 49(4): pp 308-24 (2010).

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2008-2009) ,50(4):pp 426-43 (2008).

The Japan Society for Occupational Health, Recommendation of occupational exposure limits (2006-2007). J Occup Health, 46(4): pp 290-306(2006).

The National Institute for Occupational Safety and Health , Manual of Analytical Methods, NIOSH, USA (2011), available in: www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/method-i.html

Occupational Safety and Health Administration, Index of Sampling & Analytical Methods, OSHA, USA (2011), available in: www.osha.gov/dts/sltc/methods/toc.html

بخش سوم

حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) با عوامل فیزیکی محیط کار

مقدمه

در این بخش مقادیر حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL)شاغلین با عوامل فیزیکی شامل صدا، ارتعاش، پرتوهای یون ساز، پرتو های فرابنفش و فرو سرخ، لیزر و شرایط جوی (شامل گرما و سرما) ارائه می گردد. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با عوامل فیزیکی نیز همانند سایر حدود تعیین شده در این کتابچه به شرایطی اشاره دارد که اگر تقریباً کلیه شاغلین سالم روزانه و به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند آثار نامطلوب قابل توجهی بر سلامت آنان ظاهر نگردد. طبعاً این مقادیر بیان کننده مرز قطعی سلامت و خطر نمی‌باشد. اعداد ذکر شده در این کتابچه تعیین کننده حد مجاز مواجهه شغلی با یک عامل فیزیکی به تنهایی است و در صورتی که فرد به طور همزمان با سایر عوامل فیزیکی یا حتی شیمیایی تشدیدکننده اثرات این عوامل مواجهه داشته باشد، حد مجاز به حد مراقبت (اقدام) کاهش پیدا می کند و مسئولین ذیربط باید بررسی‌های متناسبی برای پیشگیری از اثرات توأم تا اطمینان از حفظ سلامت شاغلین به عمل آورند.

به واسطه تنوع عوامل فیزیکی و گستره وسیع طول موج آنها، در اندازه‌گیری و ارزشیابی این عوامل از روشهای علمی، فنون و وسایل اندازه‌گیری گوناگونی استفاده می‌شود. به همین دلیل کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی توسط افرادی که در زمینه روشهای اندازه‌گیری و ارزشیابی آن آموزش و تجربه کافی کسب نموده باشند بسیار حائز اهمیت است، بدیهی است به دلیل پیچیدگی موضوع هنگام کاربرد حد مجاز مواجهه شغلی بایستی رایج ترین مستندات علمی مورد مطالعه و دقت قرار گیرد.

به‌دلیل وجود تفاوت در حساسیت افراد، مواجهه فرد با مقادیری در حد مجاز مواجهه شغلی یا حتی کمتر از آن، می‌تواند در افراد حساس سبب آزار، بدتر شدن شرایط موجود، یا گاه موجب اختلال یا صدمه فیزیولوژیک در وی گردد. همچنین برخی افراد در مواجهه همزمان با تعدادی از عوامل فیزیکی در محیط کار حساسیت بیش از حدی از خود نشان می‌دهند که این امر ناشی از عوامل متعددی از جمله زمینه ژنتیک فرد، سن، عادات فردی (مثلاً استعمال دخانیات، الکل، یا سایر مواد مخدر) تحت درمان با دارو، یا مواجهه های قبلی یا همزمان می باشد. در مواجهه با برخی عوامل فیزیکی این گروه از کارگران

را نمی‌توان از اثرات نامطلوب ناشی از مواجهه در حد مجاز مواجهه شغلی یا حتی کمتر از آن محافظت نمود. باید این گروه کارگران با استفاده از انجام معاینات دوره‌ای برای اعمال محافظت بیشتر مشخص گردند.

حد مجاز مواجهه شغلی حاضر در زمینه عوامل فیزیکی حاصل جمع بندی ترکیبی از اقتباس[1] از نهادهای علمی و تخصصی بین المللی، اطلاعات حاصل از تجارب صنعتی، مطالعات پژوهشی[2] و تجربی داخل و خارج از کشور، اجماع[3] متخصصین و صاحب نظران و در برخی موارد ترکیبی از هر سه نوع می‌باشد.

حد مجاز مواجهه شغلی با عوامل فیزیکی برای عملیات بهداشت حرفه‌ای در نظر گرفته شده است و باید فقط توسط مهندسین بهداشت حرفه‌ای تفسیر و بکار گرفته شود. حدود تعیین شده نباید در موارد زیر بکار رود:

۱) ارزشیابی یا کنترل کیفیت عوامل فیزیکی در خارج از محیط کار

۲) به عنوان تنها برهان جهت قبول یا رد صدمات یا ناتوانی جسمی افراد

تعاریف

در این بخش مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی تحت عناوین زیر بیان گردیده است:

الف : مقدار حد مجاز مواجهه شغلی - میانگین وزنی زمانی (OEL-TWA[4])

منظور حد مجاز عامل مورد نظر در مواجهه ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار هفتگی می باشد.

ب : مقدار حد مجاز مواجهه شغلی - حد سقفی (OEL-Ceiling)

منظور مقادیری است که شاغلین نباید حتی برای مدتی کوتاه در مواجهه با مقادیری بیش از حد مذکور قرار گیرند.

ج- حد مراقبت (اقدام) (Action Limit)

منظور مقادیری است که مراقبت‌های پیشگیرانه و احتیاطی در مواجهه با عامل زیان آور شروع گردد. این مراقبت‌ها شامل تدابیر مدیریتی، پزشکی، فنی و حفاظت فردی می‌باشد تا از صدمات ناشی از مواجهه افراد حساس و مواجهه های توأم با عوامل تشدید کننده جلوگیری شود.

---

1 - Derivation

2 - Researches

3 - Consensus

4 - Time Weighted Average

آکوستیک

مادون صوت و اصوات با دامنه فرکانس پایین

حد مجاز مواجهه شغلی فرو صوت و صوت‌های با بسامد پایین به مقادیری اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در مواجهه با آنها قرار گیرند اثر سوء مشهودی، منهای اثر بر شنوایی انسان، بر آنان عارض نگردد. به استثناء اصوات ضربه‌ای با زمان تکرار کمتر از ۲ ثانیه، در فرکانس‌های یک سوم اکتاوباند از ۱ تا ۸۰ هرتز، نباید مقدار سقف تراز فشار صوت از dB (C) ۱۴۵ فراتر رود. علاوه بر آن، تراز کلی فشار صوتی وزن نیافته نباید از مقدار سقف dB (C) ۱۵۰ افزون گردد. معیارها نیز باید با استاندارد S1.11- ANSI - 1986(R1998) مطابقت نماید. برای این نوع مواجهه‌ها در مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی بیان شده برای فراصوت و صدا (NOISE) ، جهت پیشگیری از افت شنوایی ناشی از آن محدودیت زمانی تعیین شده است. کاهشی در مقادیر حدود مواجهه شغلی مزبور متناسب با زمان مواجهه نیز پیش بینی شده است که میزان این کاهش بستگی به میزان افزایش تراز صوت داشته و به منظور حفاظت از شنوایی افراد پیش بینی شده است.

در این حدود مجاز، الگوی مکملی جهت ارزیابی مواجهه با صدا متناسب با درک شنوایی انسان نیز توصیه شده است. معمولاً برای ارزیابی تراز فشار صوت در محیط کار در مقایسه با حدود مجاز شغلی، تراز کلی فشار صوت در شبکه وزنی A اندازه گیری می‌شود. ترازسنج صوت در شبکه A، متناسب با درک شنوایی انسان از صدای واقعی محیط در ترازهای فشار صوت پایین بر مبنای منحنی‌های بلندی صوت عمل می‌کند. بر اساس تفسیر منحنی‌های بلندی صوت در ترازهای فشار صوت بالا، صداسنجی و تعیین ترازکلی صدا بر مبنای شبکه A از اعتبار کافی متناسب با درک شنوایی انسان برخوردار نخواهد بود. روش تکمیلی در این خصوص بدین صورت است‌که در شرایطی‌که تجزیه فرکانسی در یک اکتاو باند و در شبکه خطی از صدای محیط صورت گیرد، می‌توان تراز معادل صدا درشبکه A را از طریق نموگرامی تحت عنوان کنتورهای تراز معادل صوت در شبکه A برآورد نمود.

معیار جایگزین و نسبتاً محدودتر دیگر که برای صداهای پر نوسان یا ضربه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، تراز فشار صوت قله (SPL-Peak)می‌باشد که بیان‌کننده تراز ضربه‌ای یا کوبه‌ای صوت بوده و مقدار آن نباید از dB(L[1]) ۱۴۵ فراتر رود. در هنگام کاربرد این معیار، وسایل سنجش باید مطابق با

۱- تراز صدای اندازه‌گیری شده در شبکه خطی

استاندارد IEC-804-1990 ,ANSI-S1.25-1991(R2007), ANSI-S1.4-1983(R2006) باشند و حساسیت‌پاسخ فرکانس خطی یا وزن نیافته آنها حداقل ۲ هرتز باشد.

نکته

اصوات با دامنه فرکانس پایین در ناحیه قفسه سینه می‌تواند باعث ایجاد رزونانس (تشدید) شده که در حدود ۶۰-۵۰ هرتز ارتعاش کل بدن را به دنبال دارد. این حالت موجب آزار و ناراحتی افراد می‌گردد. در چنین مواردی تراز فشار صوت باید تا حدی که مشکل ایجاد شده برطرف شود، کاهش داده شود.

فراصوت

حدود مجاز مواجهه شغلی ارائه شده در این بخش مندرج در جدول۱ به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب مشهودی در توانایی شنیداری و درک محاوره طبیعی آنان ایجاد نگردد.حدود مجاز مواجهه شغلی تعیین شده در این مبحث، برای فرکانس‌های فراصوت۱۰تا۲۰ کیلوهرتز می‌باشدکه به منظور پیشگیری از عوارض ذهنی (Subjective) بکار رفته و در جدول شماره۱ نشان داده شده است. مقادیر کلی تراز مواجهه وزنی زمانی (TWA) برای ۸ ساعت مواجهه مانند حدود مجاز مواجهه شغلی صدا و برابر ۸۵ دسی بل تعیین گردیده است. مقادیر سقف را می‌توان با استفاده از یک دستگاه سنجش تراز صوت (صداسنج)، که در حالت اندازه‌گیری "slow" و باند اندازه‌گیری یک سوم اکتاو تنظیم شده است، مورد سنجش قرار داد. مقادیر TWA را نیز می‌توان با یک دستگاه تراز سنج صوت از نوع یکپارچه (Integrating) و در تجزیه یک سوم اکتاو باند اندازه‌گیری نمود.کلیه دستگاه‌ها باید از حساسیت فرکانسی مناسب برخوردار بوده و با ویژگی‌های مندرج در IEC 804,ANSI S1.4-1983(R2006) مطابقت نمایند.

جدول۱- حدود مجاز مواجهه شغلی برای فرا صوت

فرکانس مرکزی تجزیه یک سوم اکتاوباند (کیلوهرتز)	تراز فشار فراصوت در تجزیه یک سوم اکتاو باند		
	اندازه‌گیری شده در هوا بر حسب dB (سر فرد درون هوا) (فشار مبنا ۲۰ میکرو پاسکال)		اندازه‌گیری شده در آب برحسب dB (سر فرد درون آب) (فشار مبنا ۱ میکرو پاسکال)
	مقادیر سقف	هشت ساعته TWA	مقادیر سقف
۱۰	۱۰۵*	۸۸*	۱۶۷
۱۲/۵	۱۰۵*	۸۹*	۱۶۷
۱۶	۱۰۵*	۹۲*	۱۶۷
۲۰	۱۰۵*	۹۴*	۱۶۷
۲۵	۱۱۰+	–	۱۷۲
۳۱/۵	۱۱۵+	–	۱۷۷
۴۰	۱۱۵+	–	۱۷۷
۵۰	۱۱۵+	–	۱۷۷
۶۳	۱۱۵+	–	۱۷۷
۸۰	۱۱۵+	–	۱۷۷
۱۰۰	۱۱۵+	–	۱۷۷

* امکان بروز ناراحتی و عدم آسایش ذهنی در برخی افراد در ترازهای ۷۵ تا ۱۰۵ دسی‌بل و در فرکانس‌های ۱۰تا۲۰ کیلوهرتز وجود دارد، خصوصاً اگر اصوات ماهیتاً از نوع تونال باشند. ممکن است برای جلوگیری از عوارض ذهنی نیاز به اقدامات حفاظتی و کنترل‌های مهندسی باشد. برخی مواقع ضرورتاً می‌بایست تراز اصوات تونال را در فرکانس‌های کمتر از ۱۰ KHz به پایین‌تر از ۸۰ دسی‌بل کاهش داد.در این مقادیر فرض بر آن است که انسان در آب یا محیط واسط دیگری قرار گرفته است. در صورتی که بین بدن و آب یا سایر محیط‌های واسط تماس برقرار نباشد این احتمال وجود دارد که حدود آستانه تا۳۰ دسی‌بل نیز افزایش یابد. [زمانی که منبع فراصوت مستقیماً با بدن در تماس قرار گیرد، مقادیر مندرج در جدول کاربردی نخواهند داشت. در این موارد باید از تراز ارتعاشی استخوان ماستوئید استفاده نمود] . در مواردی که تراز شتاب ارتعاش بیش از ۱۵dB و بیش از مرجع ۱g/rms می‌باشد، باید مواجهه کاهش یابد یا تماس مستقیم بدن با اتصالات محافظت شود(g : شتاب ثقل برابر ۹/۸۰۶۶۵ متر بر مجذور ثانیه به صورت مؤثر (rms) است)

حد مجاز مواجهه شغلی با صدا

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با صدا و مدت مواجهه با آن (طبق جدول شماره ۲) به شرایطی اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در مواجهه با این مقادیر قرار گیرند آثار نامطلوب در توانایی شنیداری و درک محاوره‌ی طبیعی آنان ظاهر نشود. در گذشته اختلال شنوایی در درک مکالمات به حدی اطلاق می‌شد که متوسط حد آستانه شنوایی از dB ۲۵ در فرکانسهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز تجاوز نماید (ANSI S3.6-1989). مقادیر ارائه شده در این کتابچه برای پیشگیری از افت شنوایی به محدودهٔ فرکانس‌های بالاتر مانند ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ هرتز نیز گسترش یافته است. لذا مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی می‌بایست میانه (Median) جامعه شاغلین را در مقابل افت شنوایی ناشی از صدا (NIHL[1]) در حد ۲ دسی بل در فرکانس‌های ۵۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۳۰۰۰ و۴۰۰۰ هرتز پس از ۴۰ سال مواجهه شغلی با صدا محافظت نماید. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به عنوان راهنما برای کنترل مواجهه با صدا مورد استفاده قرار می‌گیرد و با توجه به حساسیت متفاوت افراد نباید به عنوان مرز حقیقی بین حد ایمنی و خطر تلقی گردد. باید تأکید نمود که مقادیر حد مواجهه شغلی، همه شاغلین را در برابر اثرات نامطلوب مواجهه با صدا محافظت نمی‌نماید و برای افرادی که مواجهه بیش از حدود تعین شده در این کتابچه دارند مراقبتهای پزشکی انجام گردد و برای کلیه شاغلینی که مواجهه آنها بیش از حد مراقبت (اقدام) است سایراقدامات پیشگیرانه حفاظت شنوایی نیز باید انجام گردد.

براساس جدول شماره ۲ حد مجاز مواجهه شغلی با صدا بر مبنای تراز معادل فشار صوت برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با dB(A) ۸۵ است. در صورتی‌که کارگر طی نوبت کاری ۸ ساعته در مواجهه با صدای بیش از حد توصیه شده قرار گیرد می‌بایست اقدامات کنترلی مدیریتی و فنی جهت کاهش مواجهه با صدا در محیط کار اجرا گردد. علاوه بر این حد مراقبت (اقدام)[2] توصیه شده صدا برای شروع برنامه حفاظت شنوایی[3] HCP برای ۸ ساعت کار روزانه برابر با dBA ۸۲ تعیین شده است. اجرای برنامه حفاظت شنوایی با در نظر گرفتن کلیه عوامل مؤثر شامل اندازه‌گیری و ارزیابی مدوام مواجهه کارگر، استفاده از وسایل حفاظت شنوایی، آموزش و نظارت کافی بر کارگران و آزمایش شنوایی سنجی در مواقعی که شاغلین در مواجهه با صدای بیش از حد مراقبت (اقدام) توصیه شده dB(A) ۸۲ قرار دارند، ضروری است. طبق این حد مجاز، قاعده ۳ دسی بل نیز تعیین شده است و این بدان معنا است که به ازای افزایش ۳ دسی بل تراز فشار صوت، زمان مجاز مواجهه نصف خواهد شد. به همین منظور برای مواجهه

1 - Noise Induced Hearing Loss

2 - Action Level

3 - Hearing Conservation Program

با تراز ۸۸dB(A) مدت زمان مجاز ۴ ساعت تعیین شده است و این معیار برای ترازهای بالاتر به همین صورت ادامه می‌یابد.

برای شاغلینی که در محیطهای صنعتی یا مشاغل دیگر دارای فعالیت اداری یا فکری می‌باشند، همانند اپراتورهای اتاق کنترل یا متصدیان امور بانکی و سایر مشاغل دفتری[1]، هر چند حدود توصیه شده در این مبحث برای آنها به تمامی مرجعیت دارد، لیکن با توجه به فعالیت فکری آنان حد تراز معادل ۸ ساعته، برای کنترل استرس شغلی و تأمین سلامت عصبی- روانی آنان به میزان dB(A) ۷۵ تعیین می‌گردد. این حد قابل تسری به سایر مشاغل نمی‌باشد.

1 - Office Workers

جدول ۲: مقادیر حد مجاز و حد مراقبت(اقدام) مواجهه شغلی با صدا *

مدت مواجهه در روز	حد مجاز تراز معادل فشار صوت به SPL-TWA dB(A)** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)	حد مراقبت (اقدام) تراز معادل فشار صوت به SPL-TWA dB(A)** (فشار مبنا ۲۰ میکروپاسکال)
۲۴ ساعت	۸۰	۷۷
۱۶ ساعت	۸۲	۷۹
۸ ساعت	۸۵	۸۲
۴ ساعت	۸۸	۸۵
۲ ساعت	۹۱	۸۸
۱ ساعت	۹۴	۹۱
۳۰ دقیقه	۹۷	۹۴
۱۵ دقیقه	۱۰۰	۹۷
۷/۵ دقیقهΔ	۱۰۳	۱۰۰
۳/۷۵ دقیقهΔ	۱۰۶	۱۰۳
۱/۸۸ دقیقهΔ	۱۰۹	۱۰۶
۰/۹۴ دقیقهΔ	۱۱۲	۱۰۹
۲۸/۱۲ ثانیهΔ	۱۱۵	۱۱۲
۱۴/۰۶ ثانیهΔ	۱۱۸	۱۱۵
۷/۰۳ ثانیهΔ	۱۲۱	۱۱۸
۳/۵۲ ثانیهΔ	۱۲۴	۱۲۱
۱/۷۶ ثانیهΔ	۱۲۷	۱۲۴
۰/۸۸ ثانیهΔ	۱۳۰	۱۲۷
۰/۴۴ ثانیهΔ	۱۳۳	۱۳۰
۰/۲۲ ثانیهΔ	۱۳۶	۱۳۳
۰/۱۱ ثانیهΔ	۱۳۹	۱۳۶

* مواجهه با صداهای پیوسته، متناوب کوبه‌ای با تراز فشار صوت ماکزیمم در شبکه وزن یافته C بیش از ۱۴۰ دسی بل مجاز نمی باشد.

** تراز فشار صوت بر حسب دسی بل با دستگاه صداسنج اندازه‌گیری می‌شود و دستگاه مذکور باید مطابق با ویژگی‌های مندرج در استاندارد ANSI کد S1.4.1983(R2006) و گروه تراز سنج صوت Type-S2A باشد و اندازه‌گیری در شبکه وزنی A و در وضعیت سرعت پاسخ slow انجام پذیرد. این وسایل باید به طور صحیح و با دستگاه استاندارد کالیبره شوند.

$^{\Delta}$ در این مقادیر صدای منبع باید به روشی غیر از روش‌های کنترل مدیریتی کاهش یابد و حفاظت فردی به تنهایی نمی‌تواند روش کنترل تلقی گردد. همچنین توصیه می‌شود برای صداهای بیش از ۱۲۰ دسی‌بل از دوزیمتر یا صداسنج های پیشرفته موسوم به (Integrated) استفاده گردد. در مقادیری که حد مجاز آن به ثانیه اعلام شده است معمولاً مصداق آن مواجهه با صدای کوبه‌ای و ضربه‌ای می‌باشد. در این صورت اگر برای هر ضربه یا کوبه زمان تداومی تعیین گردد مجموع مواجهه فرد با صدا از این حد نباید تجاوز نماید. به طور مثال اگر تراز فشار صوت ۱۲۴ دسی بل و مدت تداوم هر ضربه ۰/۲ ثانیه باشد فرد شاغل فقط مجاز به مواجهه با ۱۷ ضربه صوتی از این نوع در روز می‌باشد.

صدای پیوسته یا نوبتی[1]

تراز فشار صوت باید توسط صداسنج Type S2A یا دوزیمتری تعیین گردد که حداقل با ویژگی‌های استاندارد ANSI- S1.4-1983(R2006) یا ANSI-S1.25-1991(R2007) برای دوزیمترهای فردی صدا مطابقت داشته باشد. وسایل اندازه‌گیری باید در شبکه وزن یافته A در وضعیت آهسته (SLOW) تنظیم شوند. مدت مواجهه شاغلین نباید از مقادیر مندرج در جدول ۲ تجاوز نماید. این مقادیر بدون توجه به اینکه مواجهه به صورت مداوم یا به صورت مواجهه‌های کوتاه مدت است، برای کل مدت مواجهه کار روزانه به کار می‌رود. وقتی مواجهه روزانه با صدا از دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت تشکیل شده باشد اثر ترکیبی آنها باید بیشتر از اثر جداگانه هر یک از مواجهه‌ها مورد نظر قرار گیرد در چنین مواردی برای ارزیابی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}....\frac{C_n}{T_n}$$

در رابطه فوق C_n بیانگر مدت مواجهه با تراز فشار صوت معین و T_n بیانگر مدت مجاز مواجهه با همان تراز فشار صوتی معین می‌باشد. در صورتی که حاصل جمع رابطه فوق از عدد یک تجاوز کند

1- Continuous or Intermittent Noise

میزان مواجهه از مقدار حد مجاز شغلی فراتر رفته است. تمام مواجهه‌های شغلی با تراز فشار صوتی ۸۰ دسی بل A و بیشتر به طریق فوق محاسبه می‌شود.

در صورت استفاده از صداسنج معمولی این رابطه زمانی قابل استفاده است که صدا با تراز یکنواخت حداقل به مدت ۳ ثانیه ادامه داشته باشد. در غیر این صورت باید از دوزیمتر و یا صداسنج از نوع یکپارچه (integrated) استفاده شود که توانایی انجام محاسبات مربوط به تراز معادل فشار صوت[1] (L_{eq}) را در دوره زمانی اندازه‌گیری داشته باشد. لذا در دستگاه دوزیمتری که مطابق با اصل قاعده ۳ دسی بل نسبت به زمان و تراز صدای ۸۵ دسی بل A برای ۸ ساعت مواجهه تنظیم شده است، چنانچه دوزیمتر دوز صدا را بیش از ۱۰۰ درصد نشان دهد، مواجهه با صدا بیش از حد مجاز است. لذا دوز بیش از ۱۰۰ در صد دلیل بر مواجهه بیش از ۸۵ دسی بل A به ازای ۸ ساعت کار است. به طور مثال دوز ۳۰۰ درصد به این معنا است که فرد مذکور سه برابر بیش از مدت زمان مجاز خود با صدا مواجهه داشته است. به همین صورت تعیین مواجهه بیش از حد مجاز مواجهه شغلی بر اساس نتایج اندازه گیری با دستگاه صداسنج از نوع یکپارچه هنگامی معتبر است که معدل تراز صدا (L_{eq}) از مقادیر مندرج در جدول ۲ تجاوز نماید.

وقتی مواجهه روزانه با صدا شامل دو یا چند دوره زمانی با ترازهای متفاوت باشد، راه دیگر برای برآورد اثر ترکیبی آنها، تبدیل مقادیر به تراز معادل فشار صوت (L_{eq}) است که همان معدل زمانی ترازها (SPL- TWA) می‌باشد. برای این کار می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$L_{eq}\,(dB) = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} t_i 10^{LP_i/10} \right]$$

در رابطه فوق، L_{eq} تراز معادل مواجهه با صدا، t_i طول زمان هر مواجهه به ساعت، T زمان مرجع (معمولاً ۸ ساعت) و LP_i تراز فشار صوت در هر مواجهه به dB(A) می‌باشد. پس از محاسبه تراز فوق، می‌توان آن را با توجه به زمان مرجع با جدول شماره ۲ مقایسه و در مورد مجاز یا غیر مجاز بودن مواجهه اظهار نظر نمود.

الگوی مکمل جهت ارزیابی مواجهه با صدا

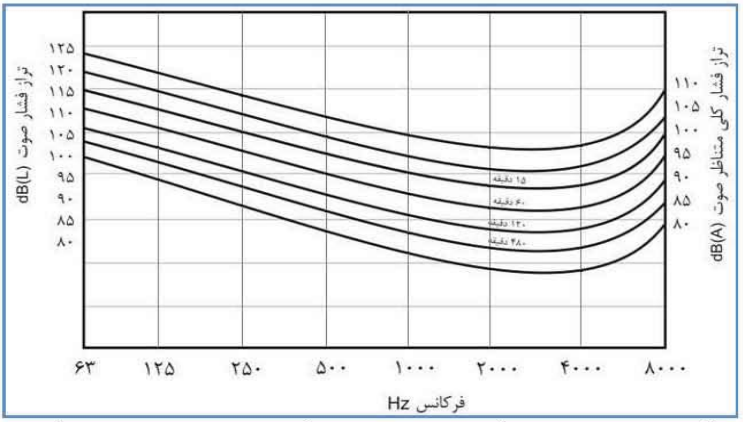
معمولاً برای ارزیابی تراز صدا در محیط کار در مقایسه با حدود مجاز شغلی، تراز کلی فشار صوت در شبکه وزنی A اندازه‌گیری می‌شود. ترازسنج صوت در شبکه A ، متناسب با درک شنوایی انسان از صدای واقعی محیط در ترازهای فشار صوت پایین بر مبنای منحنی‌های بلندی صوت عمل می‌کند. بر اساس تفسیر منحنی‌های بلندی صوت در تراز های فشار صوت بالا، صداسنجی و تعیین تراز کلی صدا بر

1 -Equivalent Sound Pressure Level

مبنای شبکه A از اعتبار کافی متناسب با درک شنوایی انسان برخوردار نخواهد بود. روش تکمیلی در این خصوص بدین صورت است که در شرایطی که تجزیه فرکانسی در یک اکتاوباند و در شبکه خطی از صدای محیط صورت گیرد، می‌توان تراز معادل صدا درشبکه A را از طریق نموگرامی تحت عنوان کنتورهای تراز معادل صوت در شبکه A مطابق با شکل ۱ برآورد نمود.

ترازهای فشار صوت در یک اکتاو باند شبکه خطی را می‌توان از طریق ترسیم آن بر روی این نموگرام به یک تراز معادل صدا در شبکه A تبدیل نمود. بدین منظور تراز معادل صدا در شبکه A متناسب با بالاترین نقطه یا مکان روی خطوط هم بلندی تعیین می‌گردد. تراز معادل صدا در شبکه A برآورد شده از نموگرام که ممکن است با تراز کلی صدای اندازه گیری شده با صداسنج در شبکه A متفاوت باشد برای مقایسه با حدود مجاز مواجهه از اعتبار کافی برخوردار است. منحنی‌های شکل ۱ بر اساس الگوی ارائه شده توسط سازمان OSHA و همچنین منحنی خطوط هم بلندی صوت اقتباس شده است. برای استفاده از این نمودار باید مقادیر تراز فشار صوت اندازه گیری شده با آنالیز فرکانس یک اکتاو باند در شبکه خطی بر روی آن ثبت گردد. تلاقی بالاترین عدد ثبت شده با هریک از خطوط منحنی ها در سمت چپ نمودار برآورد تراز فشار صوت در شبکه وزنی A را نشان می‌دهد. به طور متناظر و همزمان می‌توان مدت زمان مجاز مواجهه شغلی با این میزان صدا را نیز بر روی خطوط منحنی ها تعیین نمود.

در این شکل خط همتراز با تراز معادل فشار صوت ۸۵ دسی بل در شبکه وزنی A در واقع حد آستانه مجاز مواجهه شغلی را در تجزیه فرکانسی یک اوکتاوباند نشان می‌دهد و در راستای اهداف برنامه



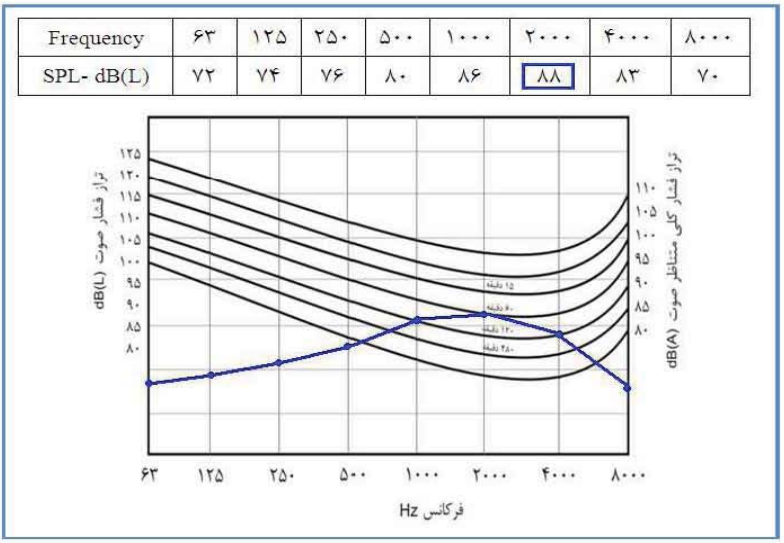
شکل ۱- منحنی‌های هم بلندی برآورد تراز معادل صوت در شبکه A متناسب با تجزیه فرکانسی در شبکه خطی

حفاظت شنوایی، تراز صدا بر مبنای قاعده نصف شدن زمان مجاز مواجهه به ازای افزایش ۳ دسی بل تراز فشار صوت اعمال شده است.

مثال

در اندازه‌گیری مواجهه یک کارگر فلز کار با صدا، مقادیر تراز فشار صوت در شبکه خطی در تجزیه یک اکتاوباند [SPL-dB(L)] در جدول زیر درج شده است. تراز مجموع (کلی) برای این مواجهه ۹۱/۵۲ dB(L) ثبت شده است. تراز متناظر فشار صوت [L_{eq}-dB(A)] و مدت زمان مجاز مواجهه را برآورد نمایید:

Frequency	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
SPL- dB(L)	۷۲	۷۴	۷۶	۸۰	۸۶	۸۸	۸۳	۷۰



ملاحظه می‌گردد که فرکانس غالب ۲۰۰۰ هرتز و تراز فشار صوت در آن فرکانس برابر ۸۸ دسی بل بوده که با منحنی مربوط به خط همتراز ۹۵ دسی بل برخورد کرده است. این بدان معنا است که برآورد تراز فشار صوت متناظر مواجهه در شبکه وزنی A برابر ۹۵ دسی بل است، لذا مدت زمان مجاز مواجهه روزانه این کارگر با این صدا ۶۰ دقیقه تعیین می‌گردد.

صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای[1]

در صورت استفاده از وسایل اندازه‌گیری توصیه شده توسط ANSI-S1.4-1983(R2006) ، IEC-804-1990 و ANSI-S1.25-1991(R2007) صدای ضربه‌ای یا کوبه‌ای در هنگام سنجش صدا به طور خودکار اندازه‌گیری می‌شود. تنها ضابطه آن است که دامنه اندازه‌گیری مورد نیاز باید بین ۱۴۰-۸۰ دسی بل A و دامنه ضربه از تراز زمینه باید حداقل ۶۳ دسی‌بل باشد. مواجهه بدون حفاظ گوش، با تراز فشار صوت بیش از ۱۴۰ دسی بل در شبکه وزن یافته C مجاز نمی‌باشد. اگر وسیله اندازه‌گیری قادر به اندازه‌گیری تراز قله در شبکه وزن یافته C نباشد آنگاه باید اندازه‌گیری تراز قله (SPL- Peak) با میزان کمتر از ۱۴۰ دسی بل ملاک اندازه‌گیری قرارگیرد. اندازه‌گیری و اظهار نظر در مورد صداهای ضربه‌ای یا کوبه‌ای همپوشان همانند صدا های پیوسته می‌باشد. در خصوص صدا های ضربه‌ای یا کوبه‌ای در صدای زمینه پیوسته که شامل این بند نمی‌شود، باید از قواعد صداهای نوبتی که در مبحث قبلی تشریح گردید استفاده شود.

تذکر

۱) برای صداهای ضربه‌ای بالاتر از ۱۴۰ دسی بل C در هر حال باید از وسیله حفاظت از شنوایی استفاده شود و برای چنین شرایطی از محافظ شنوایی (روگوشی[2] یا توگوشی[3]) با ویژگی‌های MIL-STD-1474 C(1997) به تنهایی یا توأم استفاده شود.

۲) ممکن است مواجهه با برخی از مواد شیمیایی منجر به افت شنوایی گردد. لذا انجام شنوایی سنجی دوره‌ای شاغلین در محیطهایی که علاوه بر مواجهه با صدا، امکان مواجهه با برخی مواد شیمیایی نظیر تولوئن، سرب، منگنز، ان بوتیل الکل وجود دارد، تأکید می گردد.

۳) پیشنهاد می گردد که بانوان باردار (بعد از ۶ ماهگی) با مقادیر صدای وزن یافته SPL-TWA بیش از dB(C) ۱۱۵ یا تراز پیک dB(C) ۱۵۵ مواجهه نداشته باشند، زیرا این مواجهه می‌تواند باعث افت شنوایی در جنین گردد.

۴) وسایل حفاظت از شنوایی شخصی بوده و در هر حال باید در نظافت و بهداشت آنها دقت و توجه لازم معمول گردد. تناسب و کفایت فنی این حفاظها باید طبق اصول محاسبات علمی یا از طریق آزمایش مورد تأیید قرار گرفته باشد.

---

1 - Impulsive or Impact Noise

2 - Ear Muffs

3 - Ear Plug

۵) در موارد استثنایی، حاصل جمع نسبت زمان مواجهه با تراز صوتی مشخص به زمان مجاز [$\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}....\frac{C_n}{T_n}$] در هر روز می تواند از یک تجاوز نماید مشروط بر اینکه حاصل جمع ۷ روزه نسبت فوق الذکر از ۵ بیشتر نشود و این نسبت در هر روز از ۳ بالاتر نباشد.

۶) جدول ۲ مدت زمانی را برای باز توانی شنوایی در نظر گرفته است که جمع مدت استراحت و مدت مواجهه مجاز با صدا ۲۴ ساعت می گردد، لذا فرد در خارج از این مدت مجاز مواجهه باید در استراحت صوتی باشد. حد تعیین شده برای شرایط استراحت صوتی ۷۰dB(A) تعیین شده است. بنابراین نباید این افراد در مواجهه با منابع صوتی قرار گیرند که مخل استراحت شنوایی آنان تلقی می‌شود.

ارتعاش

۱– مواجهه موضعی بدن با ارتعاش

راه انتقال انرژی ارتعاشی به بدن عمدتاً اندام‌های فوقانی و تحتانی به خصوص دستها است و بدین جهت است که اثرات موضعی ارتعاش به نام سندرم دست و بازو ناشی از ارتعاش (HAVS)[1] خوانده شده است. مقادیر "حد مجاز مواجهه شغلی" ذکر شده در جدول ۳ به آن مقدار مؤلفه شتاب و مدت مواجهه با آن اشاره می کند که تحت آن شرایط کارگران ممکن است مکرراً در مواجهه با ارتعاش باشند، بدون آنکه از مرحله یک طبقه‌بندی استکهلم برای ایجاد انگشت سفید ناشی از ارتعاش (VWF)[2] که در ضمن به نام پدیده رینود[3] با منشاء شغلی هم شناخته شده است، فراتر روند. این حد به جهت محدود بودن اطلاعات لازم درباره ارتباط بین پاسخ–دوز و عارضه VWF ناشی از ارتعاش، براساس مطالعات اپیدمیولوژیک و در بین کارگران جنگل کاری، معدن و فلزکاری و بر مبنای استناد مفاد استاندارد ISO-5349(2001) تدوین شده است. برای اندازه گیری ارتعاش دست- بازو باید از ارتعاش سنج انسانی[4] کالیبره‌ای شده که جرم شتاب سنج آن از ۲ گرم تجاوز ننماید استفاده شود باید ارتعاش در سه جهت X,Y,Z مطابق مؤلفه های شکل ۲ اندازه گیری شود و بالاترین شتاب ثبت شده (شتاب غالب) مربوط به هر جهت ورود باشد و با مقادیر جدول ۳ مقایسه گردد. این مقادیر بایستی جهت کنترل و کاهش مواجهه با ارتعاش مورد استفاده قرار گیرند و به جهت حساسیت بعضی افراد نباید به عنوان مرز میان ایمنی و خطر

1 - Hand-Arm Vibration Syndrome

2 - Vibration-Induced White Finger

3 - Raynaud,s Phenomenon

4 - Human Vibration Meter

تلقی گردند. باید در نظر داشت که حفاظت دست و بازو در برابر سندرم ناشی از ارتعاش فقط با اعلام یا مراعات حد مجاز مواجهه شغلی میسر نمی‌گردد و برای پیشگیری از ابتلا به عارضه مذکور باید توصیه‌های زیر بکار رود:

۱) ابزار کار به وسایل و قطعات ضد ارتعاش مجهز باشد.

۲) از دستکش‌های ضد ارتعاش، حین کار استفاده شود.

۳) برای کاهش مواجهه با ارتعاش، کار به روش مناسب انجام گیرد به طوری که دست‌ها و بقیه بدن حین کار گرم نگه داشته شوند و همچنین انتقال ارتعاش از ابزار مرتعش به کارگر به حداقل ممکن کاهش یابد.

* کل زمانی که ارتعاش طی یک روز کاری به صورت پیوسته یا متناوب به دست منتقل می‌شود.

** مقدار RMS مد نظر است. معمولاً ارتعاش در یک محور بیشتر از دو محور دیگر می‌باشد. اگر در یک یا چند محور میزان ارتعاش از "کل مدت مواجهه مجاز روزانه" تجاوز کند، از حد مجاز مواجهه شغلی نیز تجاوز کرده است.

جدول ۳: مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با ارتعاش دست - بازو

(مستند به استاندارد ۲۰۰۱-۵۳۴۹- ISO)

مدت مواجهه روزانه* (دقیقه)	حد مجاز شتاب مؤثر** معادل(جهت اصلی) (m/s^2)	حد مراقبت(عمل) شتاب مؤثر** (جهت اصلی) (m/s^2)
۱۴۴۰	۰/۲۵	۰/۱۵
۹۶۰	۰/۵۰	۰/۳۰
۴۸۰	۰/۷۰	۰/۴۲
۲۴۰	۲/۹۰	۱/۷۵
۱۲۰	۴/۰	۲/۴۰
۶۰	۵/۰	۳/۰
۳۰	۸/۰	۴/۸
۱۵	۱۲/۰	۷/۲
۷/۵	۱۷/۵	۱۰/۵

۴) انجام یک برنامه مراقبت پزشکی هوشیارانه می‌تواند سندرم دست بازو ناشی از ارتعاش از محیط کار را حذف نماید.

نکاتی درباره جدول ۳

۱) در شکل ۴ شبکه سنجش وزنی مورد استفاده قرارگرفته است که بهترین وسیله برای دستیابی به مؤلفه‌های شتاب در فرکانس‌های وزن یافته می‌باشد. از آنجایی‌که مطالعات اخیر نشان داده‌اند شبکه وزنی فرکانسی در فرکانس‌های بالا (بیش از ۱۶ هرتز) حفاظت را به طور کامل تأمین نمی‌نماید، بنابراین باید در هنگام استفاده از ابزارآلاتی که فرکانس‌های بالا را تولید می‌نمایند جانب احتیاط را رعایت نمود.

۲) مواجهه‌های حاد با مؤلفه‌های شتاب مؤثر (rms) در فرکانس‌های وزن یافته در مقادیری بیش از حد مواجهه شغلی که به صورت گاهگاه و یا نامکرر اتفاق می افتد (مثلاً ۱ روز در هفته و یا چند روز در طی دو هفته) الزاماً زیان بالاتری ندارند و در این صورت استثنائاً افزایش دوز دریافتی تا ۱/۵ برابر مجاز می‌باشد.

۳) به نظر می‌رسد مواجهه‌های حاد با مؤلفه‌های شتاب مؤثر (rms) در فرکانس‌های وزن یافته به میزان سه برابر مقدار حد مواجهه شغلی، عوارضی مشابه اثرات ناشی از ۵ تا ۶ سال مواجهه با ارتعاش را به‌بار می آورد.

۴) برای جلوگیری از بروز عارضه HAVS (جدول ۴) و همچنین شناخت افراد حساس به ارتعاش، باید معاینات پزشکی سالیانه و دوره‌ای در مورد کارگران در معرض ارتعاشات وارد بر دست- بازو انجام گیرد.

۵) در موارد مواجهه مداوم، برای کاهش اثرات زیان آور ناشی از ارتعاش، برنامه کار باید تعدیل شود و به صورت یک ساعت کار و ده دقیقه استراحت تنظیم گردد.

۶) کار باید با روش مناسب انجام گیرد و بدین منظور باید کارگران در خصوص استفاده از ابزارها و فرایند های پرقدرت در حالی‌که عملیات در شرایط ایمن انجام می‌گیرد آموزش داده شوند تا:

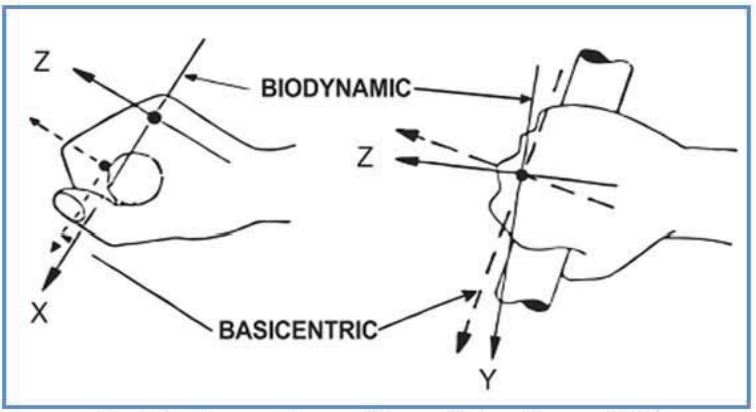
- میزان نیروی مصرفی برای چنگش و گرفتن دسته ابزار به حداقل برسد.
- بدن و دستها را گرم و خشک نگهدارند.
- از استعمال دخانیات پرهیز نمایند.
- تا حد امکان از ابزارها و دستکش‌های ضد ارتعاش استفاده نمایند. به طور کلی، دستکشها برای میرایی ارتعاش مربوط به فرکانس‌های بالا تأثیر بیشتری دارند.

۷) وزن شتاب سنج دستگاه همراه با وسایلی که برای مواجهه با منبع ارتعاش بکار می‌رود باید بیش از ۲ گرم باشد و باید خطای اندازه‌گیری در محورهای سه گانه (X,Y,Z) کمتر از ۱۰٪ باشد.

۸) اندازه‌گیری ارتعاشات از نوع ضربه‌ای با جابجایی زیاد مانند آنچه که در وسایل بادی ضربه زن وجود دارد، توسط شتاب سنجهای پیزو الکتریک (با میرائی مکانیکی کم) با خطای زیاد انجام می-گیرد. با قراردادن فیلترهای مکانیکی پایین‌گذر، بین شتاب سنج و منبع ارتعاشی برای حذف فرکانس‌های ۱۵۰۰ هرتز و یا بیشتر، می‌توان خطای سنجش در هنگام خواندن مقادیر را کاهش داد.

۹) نام سازنده و شماره نوع تمام وسایلی که برای سنجش ارتعاش بکار می‌روند و همچنین مقدار شتاب مؤثر(rms)، فرکانس وزن یافته و محور غالب و همچنین مشخصات کالیبراتور باید گزارش شود.

ارتعاش دست– بازو از نوع پیوسته، منقطع، ضربه‌ای یا کوبه‌ای[1]



شکل ۲-سیستم Basicentric و بیودینامیک دست، نمایش محورهای مؤلفه‌های شتاب
(ANSI S3.34-1986(R1997) و ISO 5349- 2001)

اندازه‌گیری ارتعاش باید براساس روشها و وسایل اندازه‌گیری که توسط ISO5349(2001) و ANSI S3.34-1986(R1997) توصیه شده انجام گیرد و خلاصه آن به شرح زیر است:

۱) شتاب دسته ابزار یا قطعه کار مرتعش باید در سه محور عمود بر هم و در نقطه‌ای نزدیک به محل ورود ارتعاش به دست اندازه‌گیری شود. محورهای مزبور باید ترجیحاً منطبق بر محورهای سیستم بیودینامیک باشند اما از طرفی ممکن است در نزدیکی سیستم Basicentric هم قرار گیرند که مبدأ مختصات سیستم مزبور متناسب با شکل قطعه و دسته ابزار در محل مواجهه دست و سطح مرتعش قرار می‌گیرد (شکل۲).

1 - Continuous , Intermitent , Impulsive or Impact Hand – Arm vibration

۲) در هنگام اندازه‌گیری، شتاب سنج (سبک و کوچک) باید به گونه‌ای نصب شود که بتواند یک یا چند مؤلفه عمود بر هم منتشره از منبع ارتعاشی در گستره فرکانس ۵ تا ۱۵۰۰ هرتز را به دقت ثبت نماید. هر یک از مؤلفه‌های شتاب را باید در فرکانس وزن یافته[1] ثبت نمود که این کار را با کمک وسایل اندازه‌گیری "پاسخ انسان به ارتعاش" که مجهز به شبکه فیلتری برای سنجش شتاب در فرکانس‌های مورد نظر هستند می توان انجام داد (شکل ۳).

۳) ارزیابی مواجهه با ارتعاش در سه محور (X ,Y ,Z) باید انجام پذیرد زیرا ارتعاش یک کمیت برداری (دارای مقدار و جهت) می‌باشد. در هر امتداد، ارتعاش در مدت معمول کار با ابزار، ماشین یا قطعه کار پرتوان باید به وسیله مقدار جذر مربع میانگین شتاب (*rms*) مؤلفه‌ها در فرکانس وزن یافته بر حسب متر بر مجذور ثانیه (m/s^2) یا واحدهای شتاب جاذبه (g) تعیین گردد، که بزرگترین مقدار a_k اساس و پایه ارزیابی مواجهه قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری در هر محوری که انجام گیرد، انتگرال خطی برای ارتعاشاتی که مدت آنها خیلی کوتاه و یا اساساً از نظر زمانی با یکدیگر متفاوت می‌باشند، بکار گرفته می‌شود. اگر مواجهه کلی روزانه با ارتعاش در یک امتداد معین، ترکیبی از چند مواجهه در شتاب‌های مؤثر (*rms*) مختلف باشد، در این موارد شتاب معادل در آن جهت خاص در فرکانس وزن یافته باید بر طبق رابطه زیر اندازه‌گیری شود:

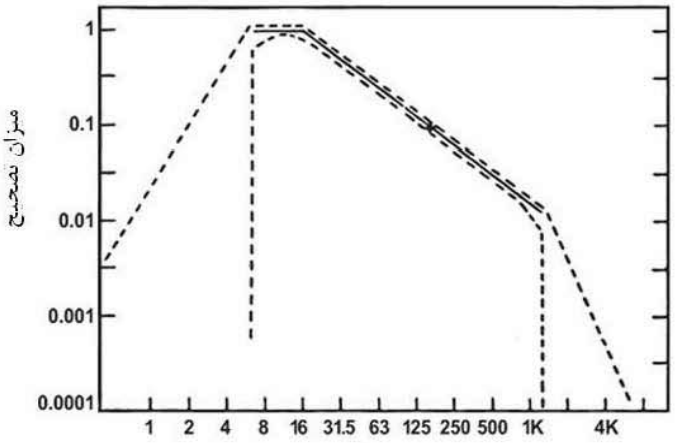
$$\left(a_{K_{eq}}\right)=\left[\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}\left(a_{K_i}\right)^2 T_i\right]^{\frac{1}{2}}=\sqrt{\left(a_{K_1}\right)^2 T_1/T+\ldots+\left(a_{K_n}\right)^2 T_n/T}$$

$$T=\sum_{i=1}^{n} T_i$$

1 - Frequency- Weighted

بطوری که:

در این روابط، T کل مدت مواجهه روزانه، a_{hi} مؤلفه i شتاب مؤثر (rms) در فرکانس وزن یافته با مدت T_i می‌باشد. محاسبات مذکور باید توسط دستگاه‌های سنجش پاسخ انسان به ارتعاش انجام شود.



شکل۳: خصوصیات به دست آمده بر روی شبکه فیلتری مورد استفاده در فرکانس مؤثر مولفه‌های شتاب (خط ممتد). خطوط منقطع مقاومت فیلترهایی از نوع (2001)ISO 5349و -ANSI S3.34 1986(R1997) می باشد

جدول ۴: طبقه بندی استکهلم برای علائم بالینی عوارض عصبی(حسی) عروقی دست و بازو (HAVS) ناشی از سرما

ارزیابی عروقی		
مرحله عارضه	درجه عارضه	شرح علائم بالینی
صفر	-	حملاتی ندارد
یک	خفیف	حملات سفید شدن پوست انگشت فقط در نوک یک انگشت یا بیشتر عارض می‌شود
دو	متوسط	حملات سفید شدن گاه به گاه پوست انگشت در بندهای ناخن دار و بندهای میانی و به ندرت در بند پروگسیمال یک یا چند انگشت ظاهر می‌شود.
سه	شدید	حملات سفید شدن پوست انگشت مکرراً در همه بندها و اغلب انگشتان ظاهر می‌شود
چهار	خیلی شدید	تمام علائم مرحله سه به اضافه اختلال تغذیه درست در نوک انگشتان
ارزیابی اعصاب حسی		
مرحله		**علائم بالینی**
صفر (اعصاب حسی)		با ارتعاش مواجهه دارد ولی علامت بالینی ندارد
یک (اعصاب حسی)		حالت کرختی متناوب، تنها و یا همراه با حس سوزن سوزن شدن در انگشتان
دو (اعصاب حسی)		حالت کرختی متناوب و یا پایدار و تقلیل حس درک پوستی
سه (اعصاب حسی)		حالت کرختی متناوب و یا پایدار و تقلیل حس لامسه برای تشخیص موارد متفاوت لمس همراه با تقلیل مهارت (حرکات سریع و دقیق دستی) در کارهای دستی

مراحل مختلف برای هر دست جداگانه آزمایش می‌شود (برای مثال- مرحله دو در دست چپ در دو انگشت و مرحله یک در دست راست در یک انگشت (۲L(۲) / ۱R(۱)

۲ - ارتعاش تمام بدن

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی مندرج در جدول ۵ برای مقادیر کلی و شکلهای ۴ و ۵ برای مقادیر تجزیه فرکانسی ارتعاش وارده به تمامی بدن ناشی از عوامل مکانیکی (WBV)[1] با مقدار برآیند سه جهت (X,Y,Z) شتاب مؤثر (RMS)[2] اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند، احتمال عوارضی مانند کمردرد، اثرات سوء بر مهره‌های کمر و ناتوانی در رانندگی با وسائل نقلیه زمینی در آنان ظاهر نگردد. حد مجاز مواجهه شغلی با ارتعاش تمام بدن متناسب با مدت زمان مواجهه با استناد به نمودار معادله B2 استاندارد ISO-2631-1997(R2004) تدوین شده است.

سیستم بیودینامیک بدن در شکل۶ نشان داده شده است. این مقادیر باید به عنوان راهنما در کنترل مواجهه با ارتعاش تمامی بدن مورد استفاده قرار گیرند و نباید به عنوان مرز میان ایمنی و خطر تلقی گردند.

نکات مهم

۱) جدول شماره ۶ ضرایب وزنی مربوط به گستره حداکثر حساسیت فرکانسی شتاب ارتعاش تمام بدن مطابق با منحنی‌های پاسخ (ISO 2631) را نشان می‌دهد.

۲) در هر یک از اشکال ۴ و ۵ تعدادی منحنی مستقل از یکدیگر ارائه شده است که بر اساس زمان‌های مواجهه مختلف تنظیم گردیده‌اند. منحنی‌های مذکور نشان می‌دهد در گستره فرکانس ۸-۴ هرتز در محور z و درگستره فرکانس ۲-۱ هرتز در محور X و Y، در ارتعاش وارده به انسان تشدید (رزونانس) صورت می‌گیرد. محورهای مزبور در شکل ۶ تعریف شده‌اند. در شکل ۷ مقادیر a_x, a_y, a_z مؤلفه‌های اندازه گیری شتاب در محورهای X و Y و Z است که محور X جهت پشت به طرف سینه، محور Y شانه به شانه و محور Z از پا به طرف سر می‌باشد.

۳) سنجش ارتعاش تمام بدن و زمان مواجهه معادل برای مواجهه‌های منقطع هنگامی محاسبه می‌گردد که میزان شتاب مؤثر (rms) در طول زمان به طور محسوس متغیر است و این نوع سنجش باید مطابق با توصیه های استاندارد ISO-2631-1997(R2004) یا ANSI-S3.18-1979(R1999) توسط دستگاههای مخصوص سنجش ارتعاش انسانی کالیبره شده با دریافت کننده بشقابی انجام پذیرد. در دریافت کننده باید سه شتاب سنج در جهات سه گانه نصب شده باشد که جرم هر یک از ۱۸ گرم بیشتر نباشد.

---

1 - Whole – Body Vibration

2 - Root – Mean – Square

۴) حد مجاز شغلی عنوان شده برای ضرایب قله ۶ و کمتر از آن معتبر است. ضریب قله نسبت شتاب قله (A_{peak}) به شتاب مؤثر (A_{rms}) می‌باشد. البته سنجش باید در یک جهت همسان در مدت یک دقیقه برای هر یک از محورهای X و Y و Z انجام شود. حد مجاز شغلی مذکور برای اثرات ارتعاش تمامی بدن برآورد گردیده است و در صورتی که ضریب قله بیش از ۶ باشد باید با احتیاط لازم مقادیر مزبور را بکار گرفت.

۵) حد مجاز شغلی مزبور نباید در سازه های دریایی یا در کشتی‌ها بکار برده شود برای ساختمان‌های ثابت مراجعه شود به: [ANSI S3.29-1983(R2006)]

جدول ۵- حد مجاز مواجهه شغلی با ارتعاش تمام بدن

([ISO 2631-1997(R2004 استاندارد B2 (مستند به معادله

مدت مجاز مواجهه (دقیقه)	شتاب معادل (برآیند سه جهت)(m/s^2)	حد مراقبت(عمل) (برآیند سه جهت)(m/s^2)
۱۴۴۰	۰/۶۳	۰/۳۸
۹۶۰	۰/۷۰	۰/۴۲
۴۸۰	۰/۸۷	۰/۵۰
۲۴۰	۱/۱۰	۰/۵۹
۱۲۰	۱/۳۰	۰/۷۲
۶۰	۱/۶۰	۰/۸۵
۳۰	۱/۸۵	۱/۱۰
۱۰	۲/۴۵	۱/۴۵

جدول ۶- ضرایب وزنی مربوط به گستره حداکثر حساسیت فرکانسی* شتاب ارتعاش تمام بدن مطابق با منحنی‌های پاسخ شکل ۴ و ۵ [ISO 2631-1997(R2004)]

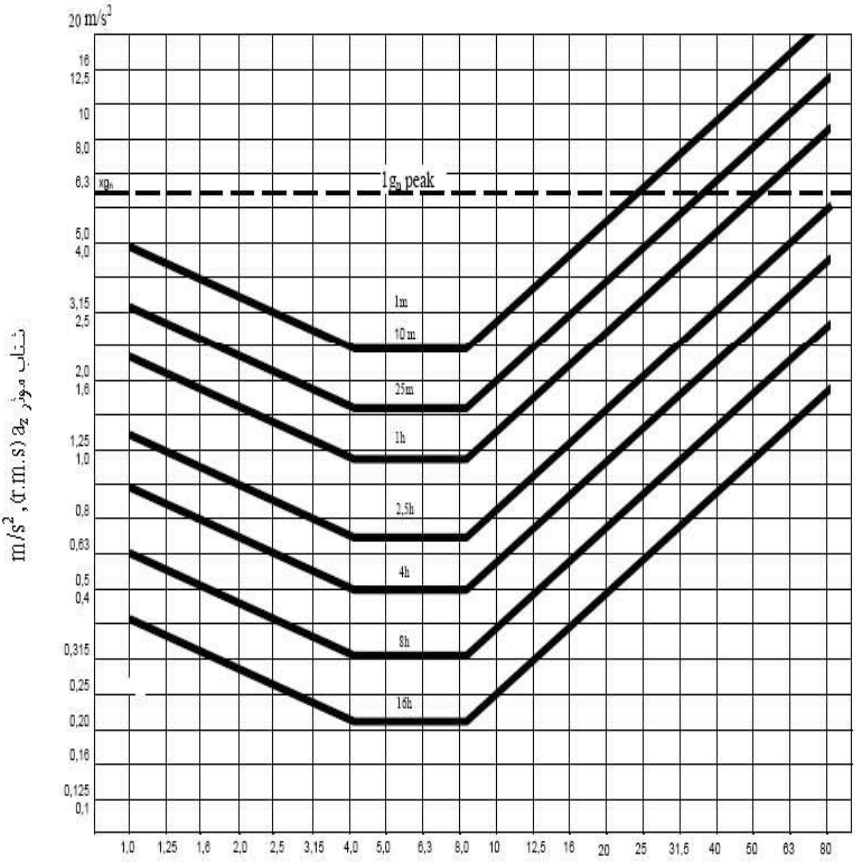
ضرایب وزنی		
ارتعاشات عرضی X,Y (شکل ۵)	ارتعاشات طولی Z (شکل ۴)	فرکانس HZ
۱	۰/۵۰	۱
۱	۰/۵۶	۱/۲۵
۱	۰/۶۳	۱/۶
۱	۰/۷۱	۲
۰/۸۰	۰/۸۰	۲/۵
۰/۶۳	۰/۹۰	۳/۱۵
۰/۵۰	۱	۴
۰/۴۰	۱	۵
۰/۳۱۵	۱	۶
۰/۲۵	۱	۸/۰
۰/۲۰	۰/۸۰	۱۰
۰/۱۶	۰/۶۳	۱۲/۵
۰/۱۲۵	۰/۵۰	۱۶
۰/۱۰	۰/۴۰	۲۰
۰/۰۸	۰/۳۱۵	۲۵/۰
۰/۰۶۳	۰/۲۵	۳۱/۵
۰/۰۵	۰/۲۰	۴۰
۰/۰۴	۰/۱۶	۵۰
۰/۰۳۱۵	۰/۱۲۵	۶۳
۰/۰۲۵	۰/۱۰	۸۰

* ۴ تا ۸هرتز در مواردی که a_z ± تشدید ارتعاش وجود دارد.

۱ تا ۲ هرتز در موردی که ay یا a_x± تشدید ارتعاش وجود دارد.

شکل ۴: حدود مجاز شتاب محور طولی (a_z)

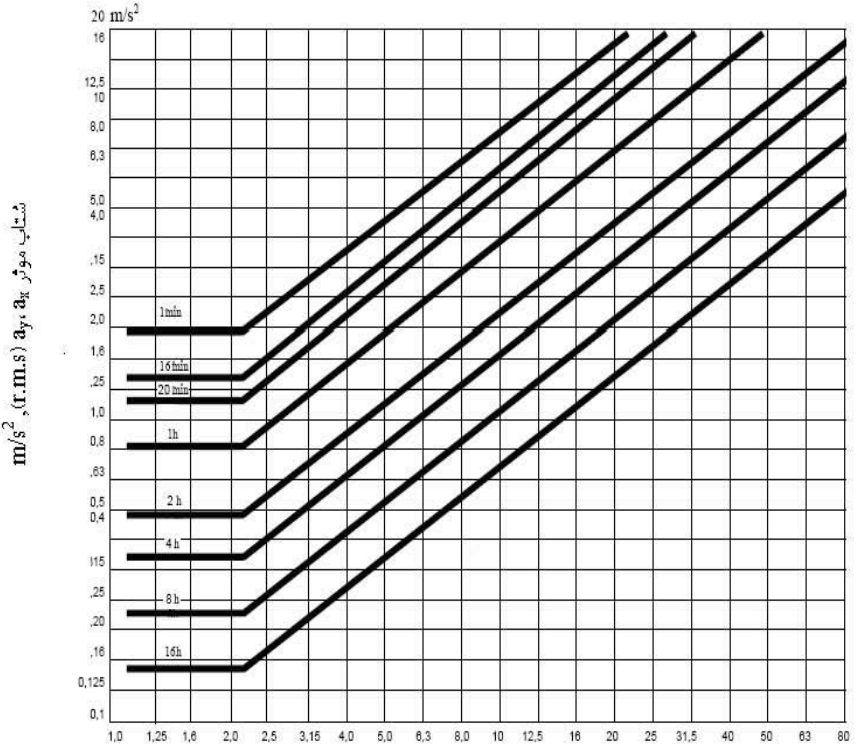
بر حسب فرکانس و زمان مواجهه [ISO 2631-1997(R2004)]



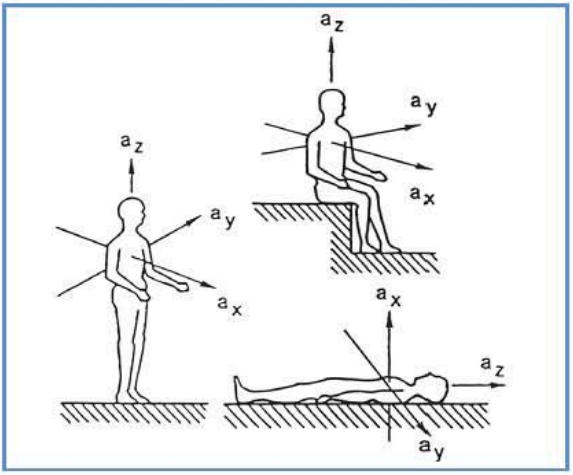
فرکانس یا فرکانس مرکزی پنج سوم اکتاوباند (هرتز)

شکل ۵: حدود مجاز شتاب محورهای عرضی (a_x ، a_y)

بر حسب فرکانس و زمان مواجهه [ISO 2631-1997(R2004)]



فرکانس یا فرکانس مرکزی یک سوم اکتاویاند (هرتز)



شکل۶- سیستم بیودینامیک بدن و جهات اصلی سنجش‌های شتاب ارتعاشی
[ISO 2631-1997(R2004)]

۶) خلاصه‌ای از سنجش ارتعاش تمامی بدن و روش تحلیل یافته‌ها به شرح زیر می‌باشد:

الف- در هر نقطه، برای حداقل یک دقیقه در محورهای بیودینامیکی که در شکل ۶ نشان داده شده است، مقادیر مؤثر شتاب(rms)، باید به طور همزمان و مستمر در سه محور اندازه‌گیری شود. برآیند سه جهت ملاک مقایسه با این حدود مجاز می‌باشد.

ب- سه شتاب‌سنج با وزن خیلی کم(حداکثر ۱۸ گرم)، هر کدام با یک حساسیت محور عرضی کمتر از ۱۰ ٪ ، به طور عمودی بر روی یک مکعب فلزی سبک وزن نصب شده و در داخل مرکز یک دیسک لاستیکی سخت قرار داده شده است (SAE-J.1013-1992) کل وزن این دیسک مکعب، شتاب‌سنج و کابل‌های آن نباید از ۱۰٪ وزن کل مورد در حال اندازه‌گیری، بیشتر باشد. سنجشها باید با قراردادن دیسک لاستیکی بر روی نشیمنگاه صندلی راننده و زیر باسن اپراتور در زمانی که وسیله ارتعاشی در حال کار است، انجام گیرد. برای اندازه‌گیری ارتعاش وارده به کمر باید دیسک لاستیکی بین کمر و سطح ارتعاشی قرار گیرد. برای اندازه‌گیری ارتعاش وارده به پا باید دیسک لاستیکی بر روی سطح مرتعش بین دو پا قرارگیرد به طوری که وزن بدن روی دیسک لاستیکی نیفتد و فقط پا با کناره لبه آن مواجهه داشته باشد.

ج- برای هر یک از محورها، در یک سوم اکتاوباند (۱ تا ۸۰ هرتز)، برای مقایسه با شکل ۴ یا شکل ۵ به طور متناسب باید به طور جداگانه آنالیز فرکانس به روش معادل انجام گیرد.

د- اگر شتاب مؤثر (rms) هر یک از محدوده بیناب در مدت زمان مربوطه، معادل یا بیش از مقدار ارائه شده در شکل ۴ یا ۵ گردد، در این صورت از حد مواجهه شغلی برای زمان مواجهه مورد نظر، فراتر رفته است. در این صورت محوری که بالاترین قله بیناب منحنی (فرکانس غالب) و کوتاهترین زمان مواجهه را قطع می‌کند برای تعیین حد مواجهه مجاز بکار می‌رود. (همانند آنچه که برای آنالیز فرکانسی صدا آورده شد).

۷) کل شتاب مؤثر (rms) وزن یافته برای هر یک از محورها با استفاده از معادله زیر با ضریب وزن یافته در محور متناسب در جدول ۶ ارائه شده است. برای محور x معادله به صورت زیر است (برای محورهای Z , Y معادله‌ها و تعاریف مشابه معادله مزبور اعمال می‌گردد.):

$$A_{WX} = \sqrt{\sum (W_{FX} A_{Fx})^2}$$

در رابطه فوق A_{wx} کل شتاب مؤثر وزن یافته برای محور X، W_{FX} ضریب وزن یافته برای محور X در هر یک سوم اکتاو باند فرکانس‌های ۱ تا ۸۰ هرتز (جدول۴)، A_{FX} مقدار شتاب مؤثر (rms) برای بیناب محور X در یک سوم اکتاو باند فرکانس‌های ۱ تا ۸۰ هرتز می‌باشد.

۸) اگر با استفاده از معادله فوق مقادیر شتاب در سه محور یکسان باشد، حرکت ترکیبی تمامی محورها می‌تواند از هر یک از مؤلفه‌ها بزرگتر و لاجرم عملکرد اپراتور وسیله ارتعاشی را بشدت تحت تاثیر قرار دهد. با لحاظ نمودن نتایج حاصل از معادله مذکور در معادله زیر، می‌توان نتایجی بدست آورد که کل شتاب وزن یافته (A_{WT}) را تعین نمود:

$$A_{WT} = \sqrt{(1.4A_{WX})^2 + (1.4A_{WY})^2 + (A_{WZ})^2}$$

ضریب ۱/۴ را که مقادیر کل شتاب مؤثر وزن یافته در محورهای X , Y ضرب شده است، در حقیقت نسبت مقادیر منحنی‌های طولی و عرضی پاسخ‌های معادل است که بر اساس دامنه پاسخ حساسترین افراد طراحی شده است. کمیسیون جامعه اروپا پیشنهاد کرده است که حد مراقبت (اقدام) در ۸ ساعت کار روزانه، برای شتاب مؤثر وزن یافته ۰/۵ متر بر مجذور ثانیه باشد. مقدار مزبور قابل مقایسه با نتایج معادله فوق است.

۹) در طول کار روزانه ممکن است ضربه‌های ارتعاشی مرکب، کوتاه مدت، با دامنه زیاد و با ضریب قله بیش از ۶ وجود داشته باشد. در این موارد، حد مجاز مواجهه شغلی، حفاظت افراد را تأمین نخواهد کرد، در این مورد روش محاسبه براساس "اصل توان ۴ " (در معادله برآیند) توصیه می‌گردد.

۱۰) ارتعاش تمام بدن را می‌توان با استفاده از عایقهای مناسب ارتعاشی بر روی تجهیزات، نگهداری سیستمهای تعلیق و عایق‌بندی ارتعاش، صندلیها، زیرپایی‌های عایق ارتعاش، کفش ضد ارتعاش، بالشتک‌های هوایی برای نشیمنگاه صندلی، و کنترل از راه دور فرآیندهای ارتعاش زا، کنترل نمود. صندلی با دسته برای تکیه دادن دست، وجود تکیه‌گاه کمری، پشتی و صندلی قابل تنظیم همگی از فنون مناسب برای کنترل ارتعاش می‌باشند.

۱۱) برای شاغلینی که بر روی وسیله نقلیه کار می‌کنند، اجرای موارد زیر که در ارتباط با نحوه مناسب انجام کار می‌باشد، توصیه می‌شود:

الف ـ اجتناب از بلند شدن یا خم شدن ناگهانی پس از مواجهه با ارتعاش

ب ـ استفاده از حرکات ساده، با حداقل چرخیدن یا پیچیدن بدن در هنگام خروج از وسیله نقلیه

نکته

آنچه‌که در ویرایش قبلی تحت عنوان: مرز کاهش آسایش[1] و مرز کاهش مهارت و خستگی[2] به استناد نسخه [ISO-2631(1985)] عنوان گردیده بود نیز به منظور جلوگیری از خستگی و افت تمرکز شاغلین مورد پذیرش کمیته عوامل فیزیکی می‌باشد. نحوه محاسبه هر یک از مرزهای مذکور با توجه به مرز مقادیر مجاز مندرج در جدول ۵ به صورت زیر می‌باشد:

$OEL(m/s^2) = FDPB(m/s^2) \times 2$

$OEL(m/s^2) = RCB(m/s^2) \times 6.30$

$FDPB(m/s^2) = RCB(m/s^2) \times 3.15$

1 - Reduced Comfort Boundary (RCB)

2 - Fatigue-Decreased Proficiency Boundary (FDPB)

حد مجاز مواجهه شغلی(OEL) پرتوهای یونساز

اساس حفاظت در برابر پرتو اجتناب از پرتوگیری غیرضروری می‌باشد. کمیته تعیین مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی مقادیر پیشنهادی کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها (ICRP)[1] را برای پرتوگیری شغلی پذیرفته است. پرتوهای یونساز شامل ذرات باردار (مانند ذرات آلفا و بتا که از مواد رادیواکتیو ساطع می‌شوند و همچنین ذرات نوترون که از واکنش‌های هسته‌ای در راکتورها و شتاب دهنده‌ها تابش می‌شود) و پرتوهای الکترومغناطیس (مانند پرتو گاما تابش شده از مواد پرتوزا و پرتوهای ایکس تابش شده از شتاب دهنده‌های الکترون و همچنین دستگاه‌های مولد پرتو ایکس) با انرژی بیش از ۱۲/۴ الکترون ولت (ev) بوده که معادل طول موجی تقریباً کمتر از ۱۰۰ نانومتر (nm) می‌باشند. ICRP اصول حفاظت در برابر پرتو را به شرح زیر تعیین نموده است:

- توجیه کاربرد پرتوها: کاربرد پرتوها زمانی توجیه پذیر است که برتری مزایای استفاده از پرتوها در مقایسه با مضرات پرتوگیری افراد و یا جامعه با دلایل مشخص محرز باشد.
- استفاده بهینه: هرگونه پرتوگیری باید به طور منطقی کاهش یابد یا به عبارتی تا حد ممکن باید مواجهه کمتر باشد (ALARA[2]) و شرایط اقتصادی و اجتماعی نیز منظور گردد.
- حد دوز فردی: پرتوهای تابشی از منابع مختلف نباید بیشتر از دوز تعیین شده در جدول ۷ باشد.
- خط مشی حد پرتوگیری شغلی در جدول ۷ براساس توصیه ICRP باشد.
- براساس اصل ALARA پرتوگیری شغلی افراد می بایست به مراتب کمتر از مقادیر مجاز تعیین شده باشد.

1 - International Commission of Radiation Protection
2 - As Low As Reasonably Achievement

جدول ۷- مقادیر توصیه شده برای مواجهه با پرتوهای یونساز

نوع پرتوگیری	مقدار توصیه شده
دوز مؤثر	
الف- در هر سال (فقط در طی یک سال)	۵۰ میلی سیورت
ب- میانگین دوره ۵ ساله	۲۰ میلی سیورت در سال
دوز معادل سالانه برای:	
الف : عدسی چشم	۱۵۰ میلی سیورت
ب : پوست دست‌ها و پاها	۵۰۰ میلی سیورت
دوز مؤثر تجمعی:	۱۰ میلی سیورت × سن(برحسب سال)
پرتوگیری جنین وقتی حاملگی مشخص شده باشد:	
دوز معادل ماهانه [1]	۰/۵ میلی سیورت
دوز سطحی(ناحیه تحتانی شکم بانوان)	۲ میلی سیورت
پرتوگیری داخلی	$\frac{۱}{۲۰}$ حد سالانه پرتوگیری داخلی [2] (ALI)
دختران رادون [3]	۴ ماه کاری (WLM) [4]

۱ - مجموع پرتوگیری داخلی و خارجی به استثناء مقادیر ناشی از منابع طبیعی بر اساس توصیه های NCRP

2- Annual Limit on Intake
3- Radon Daughters
4- Working Level Months

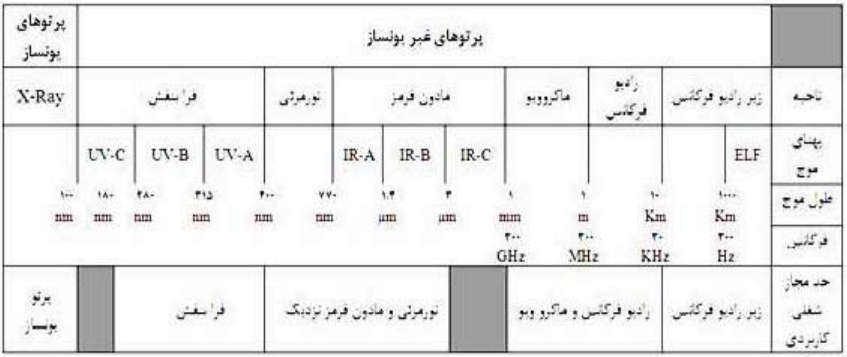
میدان ها و پرتوهای غیر یونساز

میدان های مغناطیسی پایا

شکل ۷ محدوده‌های پرتوهای غیر یونساز و میدانها و همچنین شمول استفاده از مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای آنها را نشان می‌دهد. مقادیر حدود مجاز مواجهه شغلی در این بخش مندرج در جدول ۸ مربوط به چگالی شار مغناطیسی پایا به مقادیری اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در روزهای متوالی در مواجهه با آن قرار گیرند اثرات سوء بر سلامت آنان عارض نگردد. مقادیر تعیین شده باید به عنوان راهنمایی جهت کنترل مواجهه با میدانهای مغناطیسی پایا استفاده شود ولی نباید به عنوان مرز مشخصی بین ایمنی و خطر تلقی گردد. مواجهه‌های شغلی عادی برای تمام بدن نباید از ۶۰ میلی تسلا (mT) معادل ۶۰۰ گوس (G) در روز و همچنین برای دستها و پاها از ۶۰۰ mT (۶۰۰۰ G) در روز تجاوز کند. مقادیر فوق براساس میانگین وزنی زمانی (TWA) تعیین شده است.

[۱ تسلا (T)=۱۰^{۴} گوس (G)]

سقف مقادیر توصیه شده برای تمام بدن در محیطهای کاری معمول مساوی ۲T و برای محیطهای کاری کنترل شده و کارگران آموزش دیده ۸T و برای اندامهای انتهایی دستها و پاها مساوی ۲۰T می‌باشد. احتمال دارد به علت نیروهای مکانیکی وارده از میدان مغناطیسی در وسایل و ابزاری با خاصیت فرو مغناطیسی و بعضی از وسایل پزشکی کاشته شده در بدن، مخاطرات ایمنی حاصل شود. افرادی که از وسایل ضربان ساز قلبی و وسایل پزشکی الکترونیکی مشابه استفاده می‌کنند نیز نباید در مواجهه با میدان-های بیش از ۰/۵ میلی تسلا (۵G) قرار گیرند. همچنین در شار با شدت بیشتر ممکن است اثرات سوء ایجاد شود که حاصل نیروهای سایر وسایل کاشته شده در بدن مانند انواع بخیه‌های فلزی، گیره‌های مورد استفاده در درمان بعضی ناراحتی‌های عروقی، همچنین انواع اندامهای مصنوعی (پروتزهای فلزی) و غیره باشد.



شکل ۷– محدوده های پرتوهای غیر یونساز و میدانها و شمول استفاده از مقادیر حد مجاز مواجهه

جدول ۸– مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای میدانهای مغناطیسی پایا

	TWA هشت ساعته	مقدار سقف
تمام بدن	۶۰ mT	۲ T
دستها و پاها	۶۰۰ mT	۲۰ T
افراد حامل وسایل پزشکی الکترونیکی	–	۰/۵ mT

میدانهای مغناطیسی با فرکانس‌های ۳۰ KHz و کمتر از آن (زیر فرکانس رادیویی)

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با دامنه چگالی شار مغناطیسی ناشی از میدان‌های مغناطیسی با گستره فرکانسی ۳۰ KHz و کمتر از آن به مقادیری اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند اثر سوئی بر سلامت آنها عارض نگردد. برای تعیین مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی شدت‌های میدان مغناطیسی به صورت مقادیر مؤثر (rms) داده شده است. این مقادیر به عنوان راهنمایی جهت کنترل پرتوگیری از میدان‌های مغناطیسی با زیرفرکانس‌های ۳۰KHz و کمتر از آن تعیین شده است ولی باید به عنوان یک مرز مشخص بین ایمنی و خطر تلقی شود. پرتوگیری‌های شغلی در گستره

فرکانس بی‌نهایت کم (ELF)[1] از یک تا ۳۰۰ هرتز، از مقدار سقف ارائه شده در رابطه زیر نباید تجاوز کند.

$$B = \frac{۶۰}{f}$$

در رابطه فوق، حد مواجهه شغلی برحسب میلی تسلا (mT) می باشد و f فرکانس برحسب هرتز است.

پرتوگیری‌هـای شغلی در گستره فرکانس ۳۰۰Hz تا ۳۰ KHz (شامل باند فرکانس صوتی [VF] از ۳۰۰ Hz تا ۳ KHz و باند فرکانس خیلی کم [VLF] از ۳ KHz تا ۳۰ KHz است) نباید از مقدار سقف ۰/۲ mT تجاوز کند. مقادیر سقف برای فرکانس‌های ۳۰۰ Hz تا ۳۰KHz شامل پرتوگیری تمام بدن و همچنین قسمتی از بدن می‌باشد. مقدار حد مواجهه شغلی برای فرکانس‌های کمتر از ۳۰۰ Hz در ناحیه دستها و پاها با ضریب ۱۰ و همچنین برای بازو و ساق پا با ضریب ۵ می‌تواند افزایش یابد. چگالی شار مغناطیسی (mT) = ۶۰/f در فرکانس ۶۰Hz مطابق با حداکثر چگالی شار مجاز ۱mT می‌باشد. حد مواجهه شغلی در فرکانس ۳۰ KHz، ۰/۲ mT است که مطابق با شدت میدان مغناطیسی ۱۶۰/ A/m می‌باشد.

شدت جریان تماسی

شدت جریان تماسی ناشی از تماس با اجسام بدون اتصال به زمین که بار الکتریکی القایی را در یک میدان مغناطیسی زیر رادیویی کسب کرده است نمی‌بایست از حدود تماس نقطه‌ای اشاره شده در زیر جهت جلوگیری از شوک های الکتریکی تجاوز نماید:

۱ میلی آمپر در فرکانس ۱ هرتز الی ۲/۵ کیلو هرتز
f ۰/۴ میلی آمپر در فرکانس ۲/۵ الی ۳۰ کیلوهرتز (در رابطه فرکانس برحسب کیلو هرتز)

توجه

۱- مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی تعیین شده براساس ارزشیابی داده‌های موجود از تحقیقات آزمایشگاهی و مطالعات مربوط به پرتوگیری انسان است. در صورت به دست آمدن اطلاعات جدیدتر، تغییراتی در مقادیر ارائه شده حاصل خواهد شد. تاکنون، اطلاعات کافی راجع به جواب‌های انسان و اثرات سوء احتمالی ناشی از میدان‌های مغناطیسی در گستره فرکانسی ۱Hz تا ۳۰KHz وجود ندارد تا بتوان براساس آنها حد مواجهه شغلی را برای برآورد میانگین وزنی زمانی پرتوگیری تعیین نمود.

1 Extremely – Low – Frequency

۲- مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی تعیین شده، شاغلینی را که دارای دستگاه ضربان ساز قلبی هستند در مقابل تداخل امواج الکترومغناطیسی با دستگاه مزبور حفاظت نمی‌کند. بعضی از انواع دستگاه‌های ضربان ساز قلبی به تداخل با امواج الکترومغناطیسی ناشی از خطوط انتقال نیرو (با فرکانس ۵۰ الی ۶۰ هرتز) در چگالی شار مغناطیسی به کوچکی ۰/۱ mT حساسیت نشان داده‌اند. به علت کمی اطلاعات ارائه شده از جانب کارخانه سازنده ضربان قلبی درباره تداخل امواج الکترو مغناطیسی، توصیه می‌شود، پرتوگیری افراد حامل دستگاه مذکور و یا هر دستگاه مشابه دیگری که در بدنشان وجود دارد در حد ۰/۱ mT و یا کمتر در فرکانس‌های مربوط به خطوط انتقال نیرو نگه داشته شود.

میدان‌های الکتریکی پایا و میدان‌های الکتریکی با فرکانس ۳۰ KHz و کمتر از آن (زیر فرکانس رادیویی)

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی تعیین شده اشاره به شدت‌های میدان با فرکانس رادیویی (۳۰KHz و کمتر از آن) و همچنین میدان‌های الکتریکی پایا در محیط‌های کار بدون حفاظ دارد و نشان دهنده شرایطی است که تحت آن شرایط اگر کارکنان به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند، اثرات زیان آوری بر سلامت آنان عارض نشود. برای تعیین مقادیر حد مواجهه شغلی شدت‌های میدان الکتریکی به صورت مقادیر مؤثر (rms) داده شده است. این مقادیر به عنوان راهنما جهت کنترل پرتوگیری تعیین شده است و به علت حساسیت‌های فردی نباید به عنوان مرز مشخصی بین ایمنی و خطر تلقی شود. شدت‌های میدان الکتریکی تعیین شده برای مقدار حد مواجهه شغلی به میدان‌هایی اشاره دارد که در هوا موجودند و به دور از سطوح هادی‌ها قرار دارند (جایی که تخلیه‌های جرقه‌ای و جریان‌های تماس ممکن است مخاطرات جدی به بار آورد). پرتوگیری شغلی در فرکانس صفر هرتز (DC) تا ۲۲۰ هرتز نباید از شدت میدان ۲۵ KV/m بیشتر باشد. در فرکانس‌های ۲۲۰Hz تا ۳ KHz مقدار سقف شدت میدان از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = ۵/۵۲۵ \times ۱۰^{۶} / f \quad \text{حد مواجهه شغلی بر حسب V/m}$$

f فرکانس برحسب هرتز است.

در حد مجاز مواجهه شغلی برای فرکانس‌های ۳ KHz تا ۳۰KHz مقدار سقف ۱۸۴۲ V/m می‌باشد. این مقادیر سقف برای فرکانس‌های ۳ تا ۳۰ کیلو هرتز برای بخشی از بدن و نیز تمام بدن در نظر گرفته می‌شود.

توجه

۱- مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی براساس جریان‌های محدود در سطح بدن و جریان‌های داخلی القایی به مقادیری کمتر از آنچه که تصور می‌رود ایجاد اثرات زیان‌آوری بنماید، تعیین شده است. هرچند تاکنون دلایل و شواهد کافی مبنی بر زیان‌آور بودن پرتوگیری شغلی از این میدان‌ها برای سلامت کارکنان به دست نیامده است، اما نتایج برخی مطالعات آزمایشگاهی در شدت‌های میدان الکتریکی کمتر از مقادیر مجاز، برخی اثرات بیولوژیکی را نشان داده‌اند. در صورت به دست آمدن اطلاعات جدیدتر، تغییراتی در مقادیر ارائه شده داده خواهد شد. در حال حاضر اطلاعات کافی راجع به پاسخ‌های انسان و اثرات سوء احتمالی ناشی از میدان‌های الکتریکی در گستره فرکانسی صفر تا ۳۰ KHz وجود ندارد تا بتوان براساس آنها حد مواجهه شغلی را برای میانگین وزنی زمانی پرتوگیری تعیین نمود.

۲- قرار گرفتن در میدان‌هایی با شدتی بیش از ۵-۷ KV/m بدون اتصال به زمین می‌تواند مخاطرات ایمنی وسیعی به دنبال داشته باشد. از جمله با وجود میدان الکتریکی با شدت زیاد ممکن است تخلیه الکتریکی و جریان‌های تماسی ناشی از هادی‌های زیرزمینی واقع در میدان، همراه با از جا پریدن بعلاوه سایر مخاطرات ایمنی مانند احتراق مواد قابل اشتعال و وسایل الکتریکی قابل انفجار، به وجود آید. لازم است ضمن دقت زیاد اشیاء بدون اتصال به زمین حذف شوند، یا مجهز به سیم اتصال به زمین گردند (Earth)، و یا هنگام جابجایی آنها از دستکش‌های عایق استفاده شود. در میدان‌های با شدت بیش از ۱۵ KV/m لازم است از وسایل حفاظتی (مثل لباس، دستکش و انواع عایق‌های الکتریکی) استفاده شود.

۳- برای شاغلینی که دارای ضربان ساز قلبی هستند، مقادیر حد مجاز تعیین شده، آنها را در برابر تداخل امواج الکترومغناطیسی با دستگاه مذکور حفاظت نمی‌کند. بعضی از انواع ضربان سازهای قلبی در مقابل تداخل با میدان‌های الکتریکی با فرکانس مربوط به خطوط انتقال نیرو (۵۰ الی ۶۰ هرتز) حتی به شدتی به اندازه ۲ KV/m حساسیت نشان می‌دهند. به علت کمی اطلاعات ارائه شده از طرف کارخانه سازنده درباره تداخل امواج الکترومغناطیسی با دستگاه ضربان ساز قلبی، تماس افراد حامل دستگاه ضربان ساز و سایر وسایل مشابه پزشکی باید در حد ۱ KV/m نگه داشته شود.

پرتوهای رادیوفرکانس و ماکروویو

حد مجاز مواجهه شغلی پرتوهای رادیوفرکانس(RF) و ماکروویو در فرکانس‌های بین ۳۰KHz تا ۳۰۰GHz به مقادیری اشاره دارد که چنانچه شاغلین به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند، آثار نامطلوبی بر سلامت آنان ظاهر نگردد. مقادیر حد مواجهه شغلی پرتوهای مذکور بر حسب مقدار مؤثر (rms) ، شدت میدان الکتریکی(E) ، شدت میدان مغناطیسی(H) و چگالی توان معادل برای موج تخت در فضای آزاد(S) و جریانهای القایی(I) به بدن که در اثر پرتوگیری در چنین محیطی و یا در اثر مواجهه

مستقیم با ماده ای که در معرض محیطهای مزبور بوده اتفاق می‌افتد، بیان می گردد. جدول ۹ و نمودار شکل ۸ حد مجاز مواجهه شغلی را برحسب فرکانس‌های مختلف بر حسب مگاهرتز (MHz) نشان می-دهد.

ملاحظات

الف- حد مجاز مواجهه شغلی در جدول ۹ قسمت ب، به مقدار پرتوگیری که باید براساس حد مجاز مقدار مؤثر(rms) جریان RF وارد بربدن و احتمال بروز شوک یا سوختگی حاصل از RF اشاره دارد و به صورت زیر مورد استفاده قرار می گیرد:

۱- برای افرادی که تکیه گاه فلزی ندارند یا به عبارتی با اجسام فلزی در تماس نیستند[1]، جریان RF وارده بر بدنشان از طریق هر پا که در هر فوت (تقریباً ۳۰ سانتی‌متر) اندازه‌گیری می‌شود نباید از مقادیر سقف به شرح زیر تجاوز نماید:

(به ازای ۰/۰۳ < f < ۰/۱ MHz) I = ۱۰۰ f (برحسب میلی آمپر)

(به ازای ۰/۱ < f < ۱۰۰ MHz) I = ۱۰۰ (برحسب آمپر)

۲- در شرایطی که احتمال تماس با اجسام فلزی وجود دارد، حداکثر جریان RF در مقاومت ظاهری بدن انسان که با استفاده از یک جریان‌سنج تماسی برای تعیین میزان مواجهه انسان به هنگام گرفتن جسم فلزی در دست بدست می‌آید، نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

(به ازاء ۰/۰۳ < f < ۰/۱ MHz) I = ۱۰۰ f (برحسب میلی آمپر)

(به ازاء ۰/۱ < f < ۱۰۰ MHz) I = ۱۰۰ (برحسب آمپر)

وسیله مورد استفاده جهت رعایت مقادیر حد مجاز شغلی مذکور بستگی به استفاده کننده دارد. استفاده از دستکش محافظ، عدم استفاده از وسایل فلزی یا آموزش افراد از جمله مواردی هستند که با کمک آنها می‌توان مواجهه شغلی را به حد مجاز رساند. ارزیابی مقدار جریان‌های القایی معمولاً با وسایل قرائت مستقیم انجام می گیرد.

ب- حد مجاز مواجهه شغلی در جدول ۹ و قسمت الف، به مقدار پرتوگیری که از طریق محاسبه میانگین در سطحی معادل سطح مقطع عمومی بدن انسان به دست می‌آید اشاره دارد (سطح تصویر شده). در مواردی که قسمتی از بدن در معرض پرتوگیری است، حد مجاز مواجهه شغلی را می‌توان افزایش داد. در میدان‌های متغیر و غیر یکنواخت، مقادیر حداکثر شدت میدان ممکن است از میزان حد مجاز مواجهه

1 - Free Standing Individuals

شغلی تجاوز نماید مشروط بر آنکه متوسط مقادیر در حدود مجاز تعیین شده باشد. حد مجاز مواجهه شغلی را می‌توان با محاسبات اندازه‌گیری میزان جذب ویژه SAR[1] مرجع نیز افزایش داد.

جدول ۹– حد مجاز مواجهه شغلی با امواج رادیو فرکانس و ماکروویو

قسمت الف: میدان‌های الکترومغناطیسی* (f فرکانس بر حسب MHz)

فرکانس	چگالی توان، S (W/m^2)	شدت میدان الکتریکی، E (V/m)	شدت میدان مغناطیسی، H (A/m)	متوسط زمانی E^2 یا H^2 یا S (دقیقه)
۳۰ KHz –۱۰۰KHz	–	۱۸۴۲	۱۶۳	۶
۱۰۰ KHz –۱ MHz	–	۱۸۴۲	۱۶/۳ /f	۶
۱ MHz –۳۰ MHz	–	۱۸۴۲/f	۱۶/۳ /f	۶
۳۰ MHz –۱۰۰ MHz	–	۶۱/۴	۱۶/۳ /f	۶
۱۰۰ MHz –۳۰۰ MHz	۱۰	۶۱/۴	۰/۱۶۳	۶
۳۰۰ MHz –۳ GHz	f /۳۰	–	–	۶
۳ GHz –۳۰ GHz	۱۰۰	–	–	$۳۳۸۷۸/۲ / f^{۱/۰۷۹}$
۳۰ GHz –۳۰۰ GHz	۱۰۰	–	–	$۶۷/۶۲ / f^{۰/۴۷۶}$

قسمت ب : جریان‌های القایی و تماسی رادیو فرکانس* جریان حداکثر (mA)

فرکانس	در فاصله بین دو پا	از طریق هر پا	تماس	متوسط دوره زمانی
۳۰ KHz –۱۰۰KHz	۲۰۰۰ f	۱۰۰۰ f	۱۰۰۰ f	۰/۲ S
۱۰۰ KHz -۱۰۰ MHz	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶ min

* باید توجه داشت که محدوده جریان‌های فوق حفاظت فرد را در برابر واکنش از جا پریدن و سوختگی که در اثر تخلیه آنی در هنگام تماس با منبع حاصل می‌شود، به طور کامل تأمین نمی‌نماید. برای کسب اطلاعات بیشتر به متن مراجعه شود.

1 - Specific Absorption Rate

ج- برای پرتوگیری میدان‌های نزدیک[1] در فرکانس‌های پایین‌تر از MHz ۳۰۰، حد مجاز مواجهه شغلی برحسب مقدار مؤثر (rms) شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در جدول ۹، قسمت الف نشان داده شده است. چگالی توان (S) موج تخت معادل برحسب (W/m^2) از طریق اطلاعات به دست آمده از سنجش شدت میدان از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S = E^2 / ۳۷۷$$

در رابطه فوق E^2 برحسب مجذور ولت (V^2) بر متر مربع (m^2) می‌باشد و

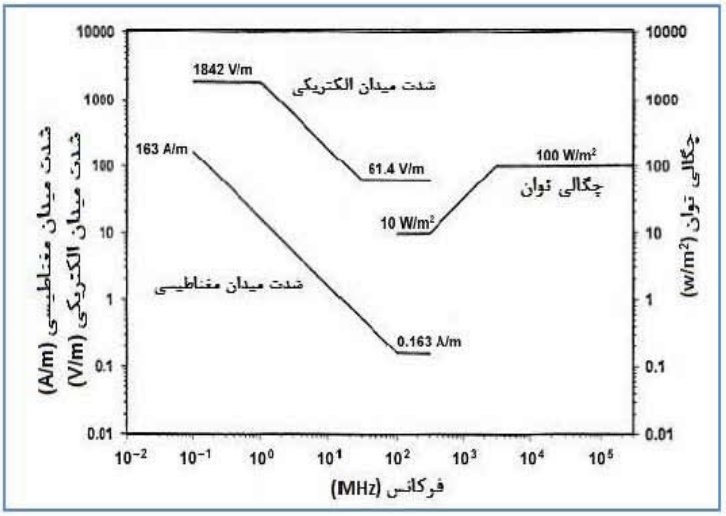
$$S = ۳۷۷H^2$$

که در رابطه فوق H^2 برحسب مجذور آمپر (A^2) بر متر مربع (m^2) می‌باشد.

د- در مواردی که پرتوگیری از نوع پرتوهای RF پالسی در مدت کمتر از msec ۱۰۰ در گستره فرکانس‌های ۰/۱ تا ۳۰۰ گیگا هرتز باشد، حداکثر مواجهه شغلی مجاز با میدان الکتریکی لحظه ای ۱۰۰ کیلو ولت بر متر است. برای پالس‌هایی که بیش از msec ۱۰۰ تداوم دارند، محاسبه متوسط زمانی معمول بکار می‌رود. مقادیر مزبور به عنوان راهنما جهت ارزیابی وکنترل پرتوگیری امواج رادیوفرکانس و ماکروویو بکار می‌رود و نباید به عنوان مرز قطعی بین حد ایمنی و خطر تلقی گردند.

شکل ۸ –نمودار حد مجاز مواجهه شغلی امواج مایکروویو و رادیو فرکانسی

(برای جذب ویژه تمام بدن کمتر از W/kg ۰/۴)



1 - Near – Field Exposure

توجه

۱- چنانچه شاغلین به طور مستمر در مواجهه با مقادیری تا حد مجاز شغلی عنوان شده قرار گیرند، آثار نامطلوب بر سلامت آنان ظاهر نگردد. معهذا هنگامی که می‌توان با روشهای ساده مانع پرتوگیری گردید، باید از مواجهه‌های غیر ضروری افراد با پرتوهای رادیوفرکانس در مقادیری بیش از حد مجاز شغلی تدوین شده، اجتناب گردد.

۲- برای میدانهای مختلط یا با باند پهن که از فرکانس‌های مختلف تشکیل شده‌اند و در هر فرکانس مقدار مشخصی از حد مجاز شغلی عنوان گردیده، باید مواجهه شغلی به طور جداگانه (برحسب E^2 ،H^2 یا چگالی توان) در دامنه فرکانس معین در نظر گرفته شود و حاصل جمع کلیه حدود مجاز مذکور نباید از واحد تجاوز نماید.

به همین روش برای شدت جریان‌هایی که به صورت مختلط یا با باند پهن در فرکانس‌های مختلف ایجاد شده‌اند، مقادیر حد مجاز شغلی در محدوده جداگانه شدت جریان‌های ایجاد شده (برحسب I^2) در هر دامنه فرکانس معین در نظر گرفته می‌شوند و نباید حاصل جمع آنها از واحد تجاوز نماید.

۳- مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی جدول ۹ به مقادیری اشاره دارد که در فرکانس‌های کمتر از ۳ GHz در طی هر ۶ دقیقه (۰/۱ ساعت) و برای فرکانس‌های بالاتر یعنی در ۳۰۰ GHz در مدت زمانی کمتر یعنی تا ۱۰ ثانیه تعیین شده‌اند.

۴- در فرکانس‌های بین ۰/۱ GHz تا ۳GHz، مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای شدت میدان‌های الکترومغناطیسی با رعایت شرایط زیر قابل افزایش است:

الف- شرایط پرتوگیری با استفاده از روش‌های مناسب قابل کنترل باشد به طوری که متوسط پرتوگیری کل بدن یعنی SAR_w کمتر از ۰/۴ W/kg بوده و به طور متوسط مقادیر قله SAR از ۱۰ W/kg به ازاء هر یک گرم بافت (به صورت حجم بافت در شکل مکعب تعریف شده است) تجاوز ننماید. به غیر از دست، مچ دست، پا و مچ پا مقادیر قله SAR از ۲۰ W/kg به ازاء هر ۱۰ گرم بافت (که به صورت حجم بافت در شکل مکعب تعریف شده است) می تواند تجاوز نماید. میانگین SAR_w در طی هر ۶ دقیقه محاسبه گردیده است.

ب- جریان‌های القایی به بدن را باید با مقادیر جدول ۹ مطابقت داد.

۵- در فرکانس‌های بیش از ۳ GHz تحت شرایطی که قسمتی از بدن پرتوگیری می نماید، افزایش مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی مجاز می‌باشد.

۶- اندازه‌گیری شدت میدان RF به عوامل متعددی بستگی دارد که شامل ابعاد Prob و فاصله منبع از Prob می‌باشد و روش‌های اندازه‌گیری باید از توصیه‌های اعلام شده در IEEE C95.3 سال ۲۰۰۲ تبعیت نماید.

۷- در مواردی که قله چگالی میدان الکتریکی ۱۰۰ KV/m می‌باشد از هرگونه مواجهه باید اجتناب نمود.

۸- امواج با پهنای باند فرکانسی زیاد UVB کاربرد های جدیدی برای تصویر برداری، ارتباطات بدون سیم (صوت، داده و تصویر)، برچسب‌های شناسایی و سیستم های امنیتی پیدا نموده است. سیگنال‌های این امواج شامل پالسهای کوتاه (معمولاً کمتر از ۱۰ نانو ثانیه) و افزایش سریع زمانی(کمتر از ۲۰۰ پیکو ثانیه)هستند که منجر به ایجاد باند خیلی پهن می‌گردد. برای پالس‌های UWB، میزان جذب ویژه برحسب وات برکیلوگرم بافت به صورت زیر بیان می‌شود.

SAR=S×PW×PRF×0.025

در رابطه فوق به ترتیب: S :چگالی توان معادل موج تخت W/m^2، PW :پهنای مؤثر باند S، PRF: فرکانس تکرار پالس 0.025، s^{-1}: حداکثر جذب ویژه تصحیح شده W/kg بر W/m^2 سطح بدن در مواجهه با موج رادیو فرکانسی ۷۰ مگاهرتز می‌باشد.

محدودیت های مواجهه

۱- مواجهه با موج UWB بیشتر از ٦ دقیقه:

میزان جذب ویژه محدود به ۰/۴ وات برکیلوگرم برای میانگین زمانی ۶ دقیقه ای متناسب با سطح جذب ویژه ۱۴۴ J/Kg برای ۶ دقیقه می گردد. فرکانس تکرار پالس مجاز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$PRF\,(s^{-1}) = \frac{144\,J/Kg}{(SA\ \ in\ \ J/Kg\ \ \ per\ \ \ pulse)(360\,s)}$$

۲- در مواجهه با موج UWB کمتراز ٦ دقیقه:

این فرضیه حفاظتی ارائه شده است که مدت زمان مجاز مواجهه ET با عکس مربعات جذب ویژه متناسب است. مدت زمان مجاز مواجهه ممکن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ET = \frac{0.4\,W/Kg \times 144\,J/Kg}{(SAR)^2} = \frac{57.6}{(SAR)^2}$$

نکاتی در مورد روش اندازه گیری امواج مایکروبو و رادیوفرکانسی

۱) اولین اقدام در فرایند اندازه‌گیری امواج، جمع آوری اطلاعات لازم در محیط کار و نحوه مواجهه افراد است. بدین منظور می بایست مشخصات فنی منابع و همچنین مشخصات امواج انتشار یافته از منابع به ویژه از لحاظ فرکانسی، ساعات مواجهه افراد، تعداد افراد در معرض و محل های تردد و ایستگاه‌های کاری مشخص گردیده و در داخل برگه‌های مخصوص ثبت گردد.

۲) جهت تعیین میزان مواجهه می‌توان شدت مؤثر میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد. در حالتی که ارتباط بین شدت‌های میدان الکتریکی و مغناطیسی مشخص است مثل محدوده میدان دور، دانسیته توان تابشی نیز می‌تواند بر اساس داشتن مقادیر میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی به صورت خودکار توسط دستگاه و یا به صورت دستی محاسبه شود.

۳) دستگاههای اندازه‌گیری معمولاً شامل آنتن دریافت‌کننده، آشکارساز، یک تقویت‌کننده و نمایشگر می‌باشد. آنتن و آشکار ساز به صورت کلی پروب یا جستجوگر نامیده می‌شود. آشکار ساز دستگاه معمولاً یک ترموکوپل یا جریان دیودی است. پروب دستگاه معمولاً بر اساس مدل آن به صورت جداگانه می‌تواند اختصاصاً جهت اندازه‌گیری میدان الکتریکی یا میدان مغناطیسی بکار رود. پهنای فرکانسی که در آن پروب ها قابلیت اندازه‌گیری دارند، نیز با توجه به مشخصات منبع انتشار امواج دارای اهمیت زیادی است.

۴) اغلب پروبهای دستگاههای اندازه‌گیری به صورت تمام جهت هستند تا پاسخی صحیح که نحوه و جهت نگهداری پروب دستگاه اندازه‌گیری تأثیری در آن نداشته باشد، ایجاد نمایند. در صورتی که از آنتن تمام جهت استفاده نشود آنتن را جهت دار (directional) گویند. بنابراین می بایست در زمان اندازه‌گیری، جهت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را تعیین و سپس متناسب با جهت میدان-های منبع، جهت نگهداری آنتن تعیین گردد.

۵) اندازه‌گیری میدان‌های رادیوفرکانسی معمولاً می‌بایست در ایستگاه کاری و محل کارگر انجام گیرد. توصیه می‌شود میانگین فضایی شدت امواج در اطراف سطح بدن کارگر تعیین گردد. بنابراین لازم است پروب دستگاه اندازه‌گیری در سطح زمین نگاه داشته شود و با فواصل عمودی ۲۵ سانتی متری در راستای بدن بالا آورده شود و در هر فاصله نتایج قرائت گردند.

حدود مجاز مواجهه با پرتو فرا بنفش (UV)

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی با پرتو فرابنفش (UV) در ناحیه طیفی بین ۱۸۰ و ۴۰۰ نانومتر نشان دهنده شرایطی است که تحت آن شرایط شاغلین ممکن است به طور مکرر پرتوگیری نمایند بدون آنکه اثرات

زیان‌آوری نظیر اریتما (سرخی پوست) و Photokeratitis[1] بر سلامتی آنان عارض شود. این مقادیر برای پرتوگیری چشم یا پوست از منابع تابشی ملتهب، فلورسنت، تخلیه بخار و گاز، قوس‌های جوشکاری و تابش خورشیدی کاربرد دارد، ولی برای لیزرهای تابش‌کننده فرا بنفش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد (به حد مجاز شغلی برای لیزرها مراجعه شود). مقادیر تعیین شده برای افراد حساس به نور که پرتوگیری فرا بنفش دارند و یا افرادی که همراه با پرتوگیری در مواجهه با عوامل حساس‌کننده به نور قرار گرفته‌اند کاربرد ندارد (به تذکر شماره ۳ توجه شود). مقادیر پرتوگیری تعیین شده برای چشمان افراد بدون عدسی[2] استفاده نمی‌شود (به حدود مجاز مواجهه شغلی روشنایی و پرتوهای فرو سرخ نزدیک مراجعه شود).

مقادیر مذکور به عنوان راهنمایی جهت کنترل پرتوگیری از منابع تابشی پیوسته که طول زمان پرتوگیری بیش از ۰/۱ ثانیه است مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر تعیین شده به منزله راهنما جهت کنترل پرتوگیری از منابع تابش فرا بنفش باید به کار رود ولی نباید به عنوان مرز مشخصی بین ایمنی و خطر تلقی گردد.

مقادیر توصیه شده

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای پرتوگیری شغلی از تابش فرا بنفش که برچشم یا پوست می‌تابد در حالیکه مقادیر چگالی شارتابشی (تابندگی)[3] معلوم بوده و زمان پرتوگیری نیز کنترل شده است به ترتیب زیر می‌باشد:

بخش اول – منبع با پهنای فرکانسی فرا بنفش (۱۸۰ الی۴۰۰ نانومتر) –خطرآسیب قرنیه چشم

الف: در شرایط اندازه‌گیری چگالی شار تابشی طیفی

اولین مرحله در ارزیابی منابع اشعه فرا بنفش تعیین تابیدگی مؤثر آنها است. برای تعیین چگالی شار تابشی مؤثر با درنظر گرفتن منحنی اثربخشی طیفی (۲۷۰ نانومتر) از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$E_{eff} = \sum E_\lambda S_{(\lambda)} \Delta_\lambda$$

۱- التهاب قرنیه چشم در مواجهه با پرتو فرابنفش

2 - Aphakics

3 - Irradiance

در این رابطه، E_{eff} چگالی شار تابشی مؤثر مربوط به منبع تک رنگی با طول موج ۲۷۰ nm برحسب W/cm^2 ، E_λ چگالی شار تابشی طیفی با طول موج λ بر حسب $W/(cm^2.nm)$ ، $S_{(\lambda)}$ اثربخشی طیفی نسبی (بدون واحد) و $\Delta\lambda$ پهنای باند بر حسب نانومتر است.

در عمل چگالی شار تابشی مؤثر می‌تواند به صورت مستقیم با استفاده از رادیومتر اشعه فرابنفش با لحاظ نمودن اثر بخشی طیفی اندازه‌گیری گردد. میزان مواجهه مجاز روزانه با اشعه فرابنفش بر مبنای تابیدگی مؤثر برابر با ۰/۰۰۳ j/cm^2 است که بر این اساس حداکثر زمان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر به دست می آید:

$$t_{\max} = 0.003 / E_{eff}$$

در رابطه فوق، t_{max} حداکثر زمان پرتوگیری مجاز برحسب ثانیه و E_{eff} تابیدگی مؤثر نسبت به یک منبع تک رنگ در طول موج nm ۲۷۰ برحسب W/cm^2 است.

جدول ۱۰ بیان‌کننده حد مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای فرابنفش بر مبنای طول موج و اثربخشی طیفی نسبی آنها می‌باشد. جدول۱۱مدت مجاز مواجهه با پرتوهای UV در ناحیه طیفی اکتینیک را بر حسب تابندگی مؤثر نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- حد مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای فرابنفش و اثربخشی طیفی نسبی

*طول موج (nm)	حد مجاز مواجهه شغلی $(j/m^2)\Lambda$	$(mj/cm^2)\Lambda$	اثربخشی طیفی نسبی $S(\lambda)$
۱۸۰	۲۵۰۰	۲۵۰	۰/۰۱۲
۱۹۰	۱۶۰۰	۱۶۰	۰/۰۱۹
۲۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۰/۰۳۰
۲۰۵	۵۹۰	۵۹	۰/۰۵۱
۲۱۰	۴۰۰	۴۰	۰/۰۷۵
۲۱۵	۳۲۰	۳۲	۰/۰۹۵
۲۲۰	۲۵۰	۲۵	۰/۱۲۰
۲۲۵	۲۰۰	۲۰	۰/۱۵۰
۲۳۰	۱۶۰	۱۶	۰/۱۹۰
۲۳۵	۱۳۰	۱۳	۰/۲۴۰
۲۴۰	۱۰۰	۱۰	۰/۳۰۰
۲۴۵	۸۳	۸/۳	۰/۳۶۰
۲۵۰	۷۰	۷/۰	۰/۴۳۰
**۲۵۴	۶۰	۶/۰	۰/۵۰۰
۲۵۵	۵۸	۵/۸	۰/۵۲۰
۲۶۰	۴۶	۴/۶	۰/۶۵۰
۲۶۵	۳۷	۳/۷	۰/۸۱۰
۲۷۰	۳۰	۳/۰	۱/۰۰۰
۲۷۵	۳۱	۳/۱	۰/۹۶۰
**۲۸۰	۳۴	۳/۴	۰/۸۸۰
۲۸۵	۳۹	۳/۹	۰/۷۷۰
۲۹۰	۴۷	۴/۷	۰/۶۴۰
۲۹۵	۵۶	۵/۶	۰/۵۴۰
**۲۹۷	۶۵	۶/۵	۰/۴۶۰
۳۰۰	۱۰۰	۱۰	۰/۳۰۰
**۳۰۳	۲۵۰	۲۵	۰/۱۲۰
۳۰۵	۵۰۰	۵۰	۰/۰۶۰
۳۰۸	۱۲۰۰	۱۲۰	۰/۰۲۶
۳۱۰	۲۰۰۰	۲۰۰	۰/۰۱۵

*طول موج (nm)	حد مجاز مواجهه شغلی $(j/m^2)\Delta$	حد مجاز مواجهه شغلی $(mj/cm^2)\Delta$	اثربخشی طیفی نسبی $S(\lambda)$
**۳۱۳	۵۰۰۰	۵۰۰	۰/۰۰۶
۳۱۵	$۱/۰ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۰ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۳
۳۱۶	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۳ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۲۴
۳۱۷	$۱/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۲۰
۳۱۸	$۱/۹ \times ۱۰^{۴}$	$۱/۹ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۶
۳۱۹	$۲/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۲/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۲
۳۲۰	$۲/۹ \times ۱۰^{۴}$	$۲/۹ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۱۰
۳۲۲	$۴/۵ \times ۱۰^{۴}$	$۴/۵ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۶۷
۳۲۳	$۵/۶ \times ۱۰^{۴}$	$۵/۶ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۵۴
۳۲۵	$۶/۰ \times ۱۰^{۴}$	$۶/۰ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۵۰
۳۲۸	$۶/۸ \times ۱۰^{۴}$	$۶/۸ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۴۴
۳۳۰	$۷/۳ \times ۱۰^{۴}$	$۷/۳ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۴۱
۳۳۳	$۸/۱ \times ۱۰^{۴}$	$۸/۱ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۳۷
۳۳۵	$۸/۸ \times ۱۰^{۴}$	$۸/۸ \times ۱۰^{۳}$	۰/۰۰۰۳۴
۳۴۰	$۱/۱ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۱ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۸
۳۴۵	$۱/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۴
۳۵۰	$۱/۵ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۵ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۲۰
۳۵۵	$۱/۹ \times ۱۰^{۵}$	$۱/۹ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۶
۳۶۰	$۲/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۲/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۳
**۳۶۵	$۲/۷ \times ۱۰^{۵}$	$۲/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۱۱
۳۷۰	$۳/۲ \times ۱۰^{۵}$	$۳/۲ \times ۱۰^{۶}$	۰/۰۰۰۰۹۳
۳۷۵	$۳/۹ \times ۱۰^{۵}$	$۳/۹ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۷۷
۳۸۰	$۴/۷ \times ۱۰^{۵}$	$۴/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۶۴
۳۸۵	$۵/۷ \times ۱۰^{۴}$	$۵/۷ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۵۳
۳۹۰	$۶/۸ \times ۱۰^{۵}$	$۶/۸ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۴۴
۳۹۵	$۸/۳ \times ۱۰^{۵}$	$۸/۳ \times ۱۰^{۴}$	۰/۰۰۰۰۳۶
۴۰۰	$۱/۰ \times ۱۰^{۶}$	$۱/۰ \times ۱۰^{۵}$	۰/۰۰۰۰۳۰

* طول موجهای انتخابی، برای سایر طول موجها باید اینترپوله انجام شود.

** خطوط انتشار طیف بخار جیوه

$$1\ mJ/cm^2 = 10 J/m^2\ \Delta$$

جدول۱۱- مدت مجاز مواجهه با پرتوهای UV در ناحیه طیفی اکتینیک بر حسب تابندگی مؤثر

طول زمان پرتو گیری در روز	تابندگی مؤثر Eeff ($\mu W/cm^2$)
۸ ساعت	۰/۱
۴ ساعت	۲/۰
۲ ساعت	۰/۴
۱ ساعت	۰/۸
۳۰ دقیقه	۱/۷
۱۵ دقیقه	۳/۳
۱۰ دقیقه	۵
۵ دقیقه	۱۰
۱ دقیقه	۵۰
۳۰ ثانیه	۱۰۰
۱۰ ثانیه	۳۰۰
۱ ثانیه	۳۰۰۰
۰/۵ ثانیه	۶۰۰۰
۰/۱ ثانیه	۳۰۰۰۰

ب: در شرایط اندازه‌گیری چگالی شار تابشی در سه طیف اصلی

در صورت عدم وجود نتایج اندازه‌گیری چگالی شار تابشی طیفی با دراختیار داشتن نتایج چگالی شار تابشی در هر طیف A،B یا C نیز به طور جایگزین می‌توان از حدود زیر مندرج در جداول ۱۲ و ۱۳ استفاده نمود. این حدود از مقادیر ارائه شده در جداول ۱۰ و ۱۱ استخراج گردیده است.

جدول ۱۲ – حد مجاز مواجهه شغلی پرتوهای فرابنفش در طیف های مختلف

نوع پرتو	j/m^2	mj/cm^2
UVA	۳۰۰۰۰	۳۰۰۰
UVB	۱۰	۱
UVC	۴	۰/۴

جدول ۱۳ – مدت مجاز مواجهه شغلی با پرتوهای UV در طیف‌های مختلف

طول زمان پرتوگیری در روز	$UV_A(\mu W/cm^2)$	$UV_B(\mu W/cm^2)$	$UV_C(\mu W/cm^2)$
۸ ساعت	۱۰۴/۱۶۶۷	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱۴
۴ ساعت	۲۰۸/۳۳۳۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲۸
۲ ساعت	۴۱۶/۶۶۶۷	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۵۶
۱ ساعت	۸۳۳/۳۳۳۳	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۱
۳۰ دقیقه	۱۶۶۶/۶۶۷	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۲
۱۵ دقیقه	۳۳۳۳/۳۳۳	۰/۰۱	۰/۰۰۴
۱۰ دقیقه	۵۰۰۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۰۶۷
۵ دقیقه	۱۰۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۱۳
۱ دقیقه	۵۰۰۰۰	۰/۱۶۷	۰/۰۶۷
۳۰ ثانیه	۱۰۰۰۰۰	۰/۳۳	۰/۰۱۳
۱۰ ثانیه	۳۰۰۰۰۰	۱	۰/۴
۱ ثانیه	۳۰۰۰۰۰۰	۱۰	۴
۰/۵ ثانیه	۶۰۰۰۰۰۰	۲۰	۸
۰/۱ ثانیه	۳۰۰۰۰۰۰۰	۱۰۰	۴۰

بخش دوم – منبع با پهنای فرکانسی فرا بنفش طیف A (۳۱۵ الی ۴۰۰ نانومتر)

خطر آسیب شبکیه و عدسی چشم

پرتوگیری چشم بدون حفاظ از پرتوهای فرا بنفش در این طیف نباید از مقادیر ذیل فراتر رود:

الف ـ دوز جذب شده $1\ j/cm^2$ برای مدت پرتوگیری کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه

ب ـ چگالی شار تابشی مؤثر $1\ mW/cm^2$ برای مدت پرتوگیری ۱۰۰۰ ثانیه و بیشتر از آن

بخش سوم – منبع با پهنای فرکانسی باریک

منابع با پهنای باند باریک معمولاً حاوی یک طول موج یا پهنای باریکی از طول موج ها هستند که حد مجاز آن از جداول فوق‌الذکر قابل تعیین است.

تذکرات

۱- احتمال بروز سرطان پوست بستگی به عوامل مختلفی از قبیل رنگدانه پوست، سابقه تاول‌های پوستی ناشی از آفتاب سوختگی و دوز تجمعی پرتو فرا بنفش دارد.

۲- کارگرانی که در محیط باز و در مناطقی با عرض جغرافیائی کمتر از ۴۰ ± درجه کار می‌نمایند، می‌توانند در ایام تابستانی در حوالی ظهر درحد ۵ دقیقه در مدت کوتاهی پرتوگیری بیش از مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی داشته باشند.

۳- مواجهه با پرتوهای فرا بنفش همزمان با مواجهه عمدی و غیرعمدی با مواد شیمیایی مختلف از جمله برخی از داروها ممکن است منجر به اریتم پوستی گردد. در صورتی که کارگر هنگامی که در معرض دوز UV به مقدار کمتر از حد مواجهه شغلی قرار می‌گیرد و واکنش پوستی نشان می‌دهد و این واکنش را قبلاًنشان نداده است، حساسیت بیش از حد وی باید مورد توجه قرار گیرد، در بین صدها عاملی که می‌تواند حساسیت شدید به پرتو UV ایجاد کند می‌توان برخی از گیاهان و مواد شیمیایی نظیر برخی آنتی‌بیوتیکها (مانند تتراسیکلین، سولفاتیازول) و برخی آرام بخش‌ها (مانند ایمی‌پرامین)، برخی از داروهای مدر، مواد آرایشی، داروهای بیماری‌های روانی، مشتقات قطران، برخی از رنگ‌ها و ذغال سنگ را نام برد.

۴- اُزن در اثر تابش فرا بنفش با طول موج کمتر از ۲۵۰ نانومتر در هوا تولید می‌شود. به مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی اُزن در قسمت مواد شیمیایی مراجعه کنید.

حدود مجاز مواجهه با پرتو فرو سرخ (IR)

با توجه به گستردگی پرتوگیری فرو سرخ شاغلین و احتمال صدمات چشمی، در این مبحث حدود مجاز مواجهه برای پیشگیری از صدمات به شرح زیر مورد توافق قرار گرفته است:

الف- حفاظت قرنیه و عدسی: برای اجتناب از صدمات قرنیه و اثرات احتمالی بر عدسی چشم (بیماری آب مروارید) پرتوگیری از اشعه فرو سرخ ($۷۷۰nm < \lambda < ۳\mu m$) در محیط‌های خیلی گرم در مدت زمان‌های طولانی (۱۰۰۰ ثانیه و بالاتر) باید به $۱۰\ mW/cm^2$ محدود شود و برای پرتوگیری‌های در مدت زمان کمتر از ۱۰۰۰ ثانیه میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sum_{770}^{3000} E_\lambda . \Delta\lambda \le 1.8 t^{-0.75}\ W/cm^2$$

برای پرتوگیری‌های در مدت زمان بیشتر از ۱۰۰۰ ثانیه میزان پرتوگیری مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sum_{770}^{3000} E_\lambda . \Delta\lambda \le 0.01 \text{ W/cm}^2$$

ب- حفاظت شبکیه: برای لامپ حرارتی فرو سرخ یا هر منبع فرو سرخ نزدیک (near IR) که خارج از طیف نور مرئی قرار دارد (با درخشندگی کمتر از 10^{-2} cd/m^2)، مقدار تابش IR-A یا فرو سرخ نزدیک ($770\text{nm} < \lambda < 1400\text{nm}$) که به چشم می‌رسد در محدوده رابطه زیر برای مدت زمان مواجهه کمتر از ۸۱۰ ثانیه قابل قبول است.

$$\sum_{770}^{1400} L_\lambda . R\lambda . \Delta\lambda \le \frac{3.2}{\alpha \times t^{0.25}}$$

این حد براساس قطر مردمک ۷ mm تعیین شده است (در صورتی که به دلیل فقدان نور کافی مردمک تا این اندازه باز نمی‌شود) و آشکار ساز زاویه میدان دید ۱۱ mrad داشته باشد. برای مدت زمان مواجهه بیشتر از ۸۱۰ ثانیه رابطه زیر برقرار است.

$$\sum_{770}^{1400} L_\lambda . R\lambda . \Delta\lambda \le \frac{6}{\alpha}$$

برای منبع دایره ای شکل مثل لامپ های روشنایی α برحسب رادیان، قطرلامپ تقسیم بر فاصله تا چشم دریافت‌کننده است. برای منابع مستطیل شکل α ،میانگین بزرگترین وکوچکترین بعد منبع تقسیم بر فاصله تا چشم دریافت کننده است.

$$\alpha(rad) \le \frac{l + w}{2r}$$

حد مجاز مواجهه شغلی لیزر[1]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی در برابر پرتو لیزر به شرایطی اشاره دارد که چنانچه کلیه مشاغلین به طور مکرر در مواجهه با آن قرار گیرند، آثار نامطلوب مشهودی بر سلامت آنان ایجاد نگردد. مقادیر مزبور به عنوان راهنما برای کنترل مواجهه افراد با پرتوهای مذکور بکار می‌روند و نباید به عنوان مرز قطعی بین حد ایمن و حد خطر تلقی گردند. حدود مواجهه شغلی براساس کاملترین اطلاعات بدست آمده از مطالعات تجربی تعیین گردیده است. در عمل خطرات چشمی و پوستی ناشی از لیزر را می‌توان با بکارگیری تمهیدات کنترلی، متناسب با نوع لیزر مهار نمود.

1 - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

گروه بندی لیزرها

شرکت سازنده‌غالباً به منبع مولد لیزر برچسبی الصاق می‌نماید که طبقه خطر آنها را مشخص می‌کند. معمولاً لازم نیست تابندگی لیزر یا مواجهه تابشی آن برای مقایسه با حدود مواجهه شغلی برآورد گردد. پتانسیل مواجهه‌های خطرناک را می‌توان با بکارگیری تمهیدات کنترلی متناسب با طبقه خطر لیزر به حداقل رسانید.

تمهیدات کنترلی بر تمام طبقات لیزرها بجز طبقهٔ "یک" قابل اعمال است. این تمهیدات و سایر اطلاعات ایمنی لیزر را می‌توان در نشریه ACGIH تحت عنوان A Guide For Control of Laser Hazards و نشریات سری ANSI- Z-136(2007) که توسط انستیتوی لیزر آمریکا منتشر شده است یافت.

روزنه محدود[1]

در این بخش برای مقایسه با حدود مجاز مواجهه شغلی، میانگین تابندگی دسته پرتوهای لیزر یا زمان پرتودهی تمام روزنه محدود در ناحیه طیفی و زمان مواجهه مناسب برآورد می‌شود. اگر قطر دسته پرتوهای لیزر کمتر از قطر روزنه محدود کننده باشد، تابندگی مؤثر دسته پرتوهای لیزر یا پرتودهی آن را می‌توان از طریق تقسیم توان دسته پرتوهای لیزر یا انرژی آن بر سطح روزنه محدود کننده به دست آورد. فهرست روزنه‌های محدود کننده در جدول ۱۴ آمده است.

اندازه منبع و ضریب تصحیح C_E

موارد زیر در طول موج‌های ناحیه خطر شبکیه یعنی ۴۰۰ الی ۱۴۰۰ نانومتر (nm) اعمال می‌شود. معمولاً لیزر منبع کوچکی در حد یک منبع نقطه‌ای است و شامل یک زاویه کمتر از α_{min} که برابر با ۱ میلی رادیان است، می‌باشد. با این وجود هر منبعی که زاویه α آن از α_{min}، که از چشم ناظر اندازه‌گیری می‌شود بزرگتر باشد، بعنوان یک منبع متوسط $(\alpha_{min} < \alpha \leq \alpha_{max})$ و یا منبع بزرگ $(\alpha > \alpha_{max})$ منظور می‌شود. برای مدت زمان پرتوگیری t، زاویه α_{max} به صورت زیر تعریف می‌شود:

مدت مواجهه	زاویه α max
برای $t \leq$ ۰/۶۲۵ ms	$a_{max} =$ ۵ mrad
برای ۰/۶۲۵ ms$< t <$ ۰/۲۵s	$a_{max} =$ ۲۰۰ $\times t^{0.5}$ mrad
برای $t \geq$ ۰/۲۵s	$a_{max} =$ ۱۰۰ mrad
	$a_{min} =$ ۱/۵ mrad

1 - Limiting Apertares

چنانچه منبع مستطیل شکل است، α میانگین حسابی بلندترین طول و کوتاهترین بعد قابل مشاهده می‌باشد. برای منابع متوسط و بزرگ، حد مجاز مواجهه شغلی در جدول ۲ با ضریب تصحیح C_E که در قسمت "نکات" جدول ۲ آمده است، تعدیل می گردد.

جدول ۱۴- حدود شکافها برای تعیین حد مجاز مواجهه شغلی لیزر

گستره طیفی (نانومتر)	مدت مواجهه (ثانیه)	چشم (میلی متر)	پوست (میلی متر)
۱۸۰-۴۰۰	1×10^{-9}-۰/۲۵	۱	۳/۵
۱۸۰-۴۰۰	۰/۲۵-30×10^{3}	۳/۵	۳/۵
۴۰۰-۱۴۰۰	1×10^{-13}-۰/۲۵	۷	۳/۵
۴۰۰-۱۴۰۰	۰/۲۵-30×10^{3}	۷	۳/۵
۱۴۰۰-1×10^{5}	1×10^{-14}-۰/۲۵	۱	۳/۵
۱۴۰۰-1×10^{5}	۰/۲۵ -30×10^{3}	۳/۵	۳/۵
1×10^{5}-1×10^{6}	1×10^{-14} -30×10^{3}	۱۱	۱۱

ضرایب تصحیح C,B,A (C_C , C_B ,C_A)

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی برای پرتوگیری چشم که در جدول ۱۵ ارائه شده است در تمام طول موجها کاربرد دارد. حد مجاز مواجهه شغلی با طول موجهای بین ۷۰۰nm و ۱۰۴۹ nm با ضریب C_A افزایش می‌یابد (به دلیل کاهش جذب توسط ملانین که در نمودار شکل ۹ نشان داده شده است). در برخی موارد که فرد در معرض طول موجهای بین ۴۰۰ و ۶۰۰ نانومتر قرار می‌گیرد (به دلیل کاهش حساسیت فتوشیمیایی در صدمات وارد به شبکیه چشم) ضریب تصحیح C_B باید بکار برده شود. ضریب تصحیح C_C در طول موجهای ۱۱۵۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر بکار می‌رود که به دلیل جذب در عبور از محیط چشم قبل از رسیدن به شبکیه است. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی مندرج در جدول ۱۶ در ارتباط با پرتوگیری پوست از پرتوهای لیزر می‌باشد. مقادیر مزبور را می‌توان به نسبت ضریب C_A که در شکل ۹ نشان داده شده است برای طول موجهای بین ۷۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر افزایش داد. برای سهولت در امر محاسبه زمان مواجهه مجاز که نیاز به محاسبه با توان‌های جزئی دارد نمودار شکلهای ۱۰تا ۱۴ را می‌توان بکار برد.

پرتوگیری پالسی مکرر[1](RPE)

لیزرهای اسکن با موج پیوسته[2] (CW) و یا لیزرهای پالسی مکرر می‌توانند سبب پرتوگیری پالسی مکرر شوند. حد مجاز مواجهه شغلی برای نگاه‌کردن مستقیم به پرتو در طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر و همچنین در پرتوگیری تک پالسی (پالسی با مدت زمان t) ارائه شده است و با استفاده از ضریب تصحیح که براساس تعداد پالس در هر پرتوگیری مشخص می‌گردد، تعدیل می‌شود. ابتدا تعداد پالسها (n) در یک پرتوگیری بر حسب Hz محاسبه می‌گردد. سپس این مقدار که فرکانس تکرار پالس نامیده می‌شود، در مدت زمان پرتوگیری ضریب می‌نماییم. معمولاً پرتوگیری در محدوده‌ای از ۰/۲۵ ثانیه برای منبع مرئی درخشان تا ۱۰ ثانیه برای منبع مادون قرمز اتفاق می‌افتد. حد مواجهه شغلی تصحیح شده برای هر پالس از رابطه زیر به دست می‌آید:

(حد مجاز مواجهه شغلی تک پالس) $(n^{-0.25})$ = حد مجاز مواجهه شغلی معادله (۱)

معادله فوق فقط در شرایط ایجاد صدمات حرارتی یعنی کلیه پرتوگیری‌های با طول موج بیش از ۷۰۰ نانومتر و برخی از پرتوگیری‌ها با طول موج‌های کوتاهتر کاربرد دارد. برای طول موج‌های مساوی یا کمتر از ۷۰۰ نانومتر حد مجاز تصحیح شده از معادله ۱ در صورتی استفاده می‌شود که متوسط تابندگی کمتر از حد مواجهه شغلی برای پرتوگیری مداوم باشد. در صورتی که مدت پرتوگیری بین ۱۰ ثانیه تا T_1[3] ثانیه باشد، متوسط تابندگی (یعنی پرتوگیری تجمعی کامل برای nt[4] بر حسب ثانیه) نباید از دوز مندرج در جدول ۱۵ تجاوز نمایند. توصیه می‌شود برای اطلاعات بیشتر به منبع زیر مراجعه نمایند:

A Guide For Control of Laser Hazards, 4th Edition, 1990, Published by ACGIH.

1 - Repetitively Pulsed Exposures

2- Continuous Wave

۳- برای مقادیر T_1 به نکات قابل توجه به هنگام استفاده از جدول ۲ مراجعه نمائید.

۴- nt = زمان هر پالس × تعداد پالس

جدول ۱۵: حد مجاز مواجهه شغلی پرتوگیری مستقیم عدسی چشم

(نگاه مستقیم به پرتو) حاصل از پرتو لیزر

ناحیه طیفی	طول موج (nm)	زمان پرتوگیری (t) بر حسب ثانیه	حد مجاز مواجهه شغلی
UVC	۱۸۰–۲۸۰ *	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۳ mj/cm^2
UVB	۲۸۰–۳۰۲	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۳ mj/cm^2
	۳۰۳	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۴ mj/cm^2
	۳۰۴	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۶ mj/cm^2
	۳۰۵	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۰ mj/cm^2
	۳۰۶	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۶ mj/cm^2
	۳۰۷	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۲۵ mj/cm^2
	۳۰۸	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۴۰ mj/cm^2
	۳۰۹	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۶۳ mj/cm^2
	۳۱۰	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۰۰ mj/cm^2
	۳۱۱	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱۶۰ mj/cm^2
	۳۱۲	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۲۵۰ mj/cm^2
	۳۱۳	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۴۰۰ mj/cm^2
	۳۱۴	$۱۰^{-۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۶۳۰ mj/cm^2
	۳۱۵ –۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا ۱۰	۰/۵۶ t$^{۰/۲۵}$ j/cm^2
UVA	" _ "	۱۰ تا $۱۰^{۳}$	۱/۰ j/cm^2
	" _ "	$۱۰^{۳}$ تا ۳×۱۰^{۴}	۱/۰ mw/cm^2

این محدوده نباید از ۰/۵۶ t $^{۰/۲۵}$ j/cm^2 در $t \leq ۱۰$ s تجاوز نماید

* اُزن O3 توسط منابع انتشار پرتو فرا بنفش (UV) در طول موج‌های کمتر از 250 nm در هوا تولید می گردد، به بخش حدود مجاز شغلی عوامل شیمیایی – اُزن مراجعه شود.

جدول ۱۶: حد مجاز مواجهه شغلی پرتوگیری مستقیم عدسی چشم
(نگاه مستقیم به درون پرتو) حاصل از پرتو لیزر

ناحیه طیفی	طول موج (nm)	زمان پرتوگیری (t) بر حسب ثانیه	حد مجاز مواجهه شغلی
Light	۴۰۰–۷۰۰	$۱۰^{-۱۱}$ تا $۱۰^{-۱۵}$	۱۵×۱۰^{-۹} j/cm^2
	۴۰۰–۷۰۰	$۱۰^{-۹}$تا $۱۰^{-۱۱}$	۲/۷ $t^{۰/۷۵}$ j/cm^2
	۴۰۰–۷۰۰	$۱۰^{-۶}$ تا ۱۸×۱۰^{-۹}	۰/۵ µj/cm^2
	۴۰۰–۷۰۰	۱۸×۱۰^{-۶} تا ۱۰	۱/۸ $t^{۰/۷۵}$ mj/cm^2
	۴۰۰–۴۵۰	۱۰ تا ۱۰۰	۱۰ mj/cm^2
	۴۵۰–۵۰۰	۱۰ تا T_1	۱mw/cm^2
	۴۵۰–۵۰۰	T_1 تا ۱۰۰	۱۰ C_B mj /cm^2
	۴۵۰–۵۰۰	۱۰۰ تا ۳۰۰۰۰	۰/۱ C_B mw /cm^2
	۵۰۰–۷۰۰	۱۰۰ تا ۳۰۰۰۰	۱mw/cm^2
IR-A	۷۰۰–۱۰۵۰	$۱۰^{-۱۱}$ تا $۱۰^{-۱۳}$	۱۵ $C_A\times۱۰^{-۴}$j/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{-۱۱}$	۲/۷ $C_A t^{۰/۷۵}$ j/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	$۱۰^{-۶}$ تا ۱۸×۱۰^{-۹}	۰/۵ C_A µj/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	۱۰ تا ۱۸×۱۰^{-۶}	۱/۸ $C_A t^{۰/۷۵}$ m j/cm^2
	۷۰۰–۱۰۵۰	۱۰ تا ۳۰۰۰۰	C_A mw/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۱۱}$ تا $۱۰^{-۱۳}$	۱/۸ Cc $\times10^{-1}$)µj/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{-۱۱}$	۲۷$C_C\times t^{۰/۷۵}$ j/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۶}$ تا ۵۰×۱۰^{-۹}	۵C_e µj/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	۵۰۰×۱۰^{-۶}تا ۱۰	۹ $C_C\times t^{۰/۷۵}$mj/cm^2
	۱۰۵۰–۱۴۰۰	۱۰ تا ۳۰۰۰۰	۵C_e mw/cm^2
IR-B & C	۱۴۰۱–۱۵۰۰	$۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{-۱۴}$	۰/۱j/cm^2
	۱۴۰۱–۱۵۰۰	$۱۰^{-۳}$تا ۱۰	۰/۵۶ $t^{۰/۲۵}$j/cm^2
	۱۵۰۱–۱۸۰۰	$۱۰^{-۱۴}$تا ۱۰	۱/۰ j/cm^2
	۱۸۰۱–۲۶۰۰	$۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{-۱۴}$	۰/۱j/cm^2
	۱۸۰۱–۲۶۰۰	$۱۰^{-۳}$تا ۱۰	۰/۵۶ $t^{۰/۲۵}$ j/cm^2
	۲۶۰۱–$۱۰^۶$	$۱۰^{-۷}$ تا $۱۰^{-۱۴}$	۱۰mj/cm^2
	۲۶۰۱–$۱۰^۶$	$۱۰^{-۷}$تا ۱۰	۰/۵۶ $t^{۰/۲۵}$ j/cm^2
	۱۴۰۰–$۱۰^۶$	۱۰تا ۳×۱۰^۴	۱۰۰mw/cm^2

نکات قابل توجه به هنگام استفاده از جدول ۱۶:

C_A = نمودار ۲؛ ۱=C_B به ازاء λ = ۴۰۰ – ۵۴۹ nm

$C_B = 10^{[\cdot/\cdot 15(\lambda - 550)]}$ به ازاء λ = ۵۵۰ – ۷۰۰ nm ؛ C_c = ۱ از ۷۰۰ تا ۱۱۵۰ نانومتر

$C_c = 10^{[\cdot/181(\lambda - 1150)]}$ درطول موج‌های بزرگتر از ۱۱۵۰ نانومتر و کمتر از ۱۲۰۰ نانومتر

C_c = ۸ از ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر؛ T_1 = ۱۰s به ازاء λ=۴۰۰–۴۵۰ nm

$T_1 = 10 \times 10^{[\cdot/\cdot 2 (\lambda - 550)]}$ به ازای λ= ۴۵۰ – ۵۰۰nm

T_1 = ۱۰s به ازاء λ=۵۰۰–۷۰۰ nm

برای چشمه‌های متوسط یا بزرگ (مثلاً شبکه‌های دیود لیزر) در طول موج‌های بین ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر حد مجاز شغلی پرتوگیری برای نگاه کردن مستقیم به پرتو را می‌توان با ضریب تصحیح (C_E) طبق رابطه ذیل افزایش داد، مشروط بر آنکه زاویه چشم بیننده و منبع تابش پرتو (اندازه‌گیری شده از فاصله چشم بیننده) بزرگتر از α_{min} باشد. مقدار (C_E) مطابق با جدول زیر با α متناسب است:

زاویه ۱۰۰ میلی رادیان را می‌توان α_{max} در نظر گرفته در نقطه‌ای که حد مجاز شغلی به عنوان رادیانس

زاویه چشم بیننده و منبع تابش پرتو	اندازه چشمه قابل تشخیص	ضریب تصحیح(C_E)
$\alpha \le \alpha_{min}$	کوچک	$C_E = 1$
$\alpha_{min} < \alpha \le \alpha_{max}$	متوسط	$C_E = \alpha / \alpha_{min}$
$\alpha > \alpha_{max}$	بزرگ	$C_E = 3.33, \quad t \ge 0.625$ $C_E = 3.33\, t^{0.5}, \quad 0.625 < t < 0.25s$ $C_E = 66.7, \quad t > 0.25s$

ثابت بیان شده باشد و معادله فوق بر حسب رادیانس L به صورت ذیل تبدیل گردد:

به ازاء t < ۰/۶۲۵ ms L_{AOE} برحسب $j(cm^2 \times Sr)$ = (۳/۸۱ × ۱۰ ^{5})× (AOE $_{pt}$منبع)

به ازاء ۰/۶۲۵ s < t < ۰/۲۵s L_{AOE} برحسب $j(cm^2 \times Sr) = (7/6 \times t^{-/5})$

به ازاء t >۱۰s L_{AOE} برحسب $W(cm^2 \times Sr)$ = ۴/۸

شکاف وسیله سنجش باید در فاصله ۱۰۰mm یا بیش از آن از منبع پرتو قرار گیرد. برای سطوح تابندگی بزرگ، میزان حد مجاز شغلی برای مواجهه پوست در زیر نویس جدول ۱۷ آمده است.

جدول ۱۷– مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی پرتوگیری پوستی اشعه لیزر

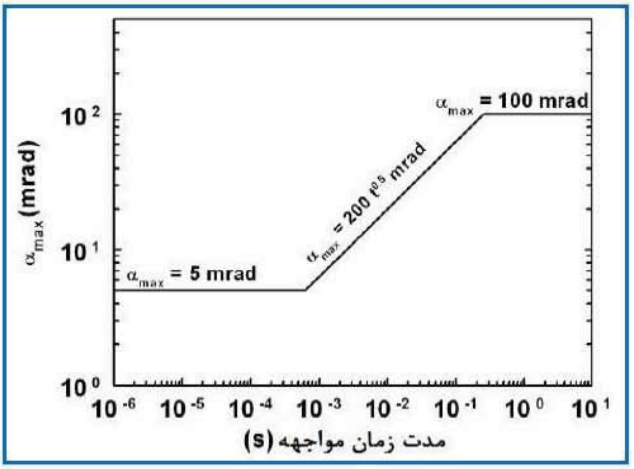
ناحیه طیفی	طول موج (nm)	مدت پرتوگیری (t) بر حسب ثانیه	حد مجاز مواجهه شغلی
UVA*	۱۸۰–۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{۴}$	مطابق جدول ۱۵
LIGHT&IR-A	۴۰۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۹}$ تا $۱۰^{-۷}$	$۲\ C_A \times ۱۰^{-۲}\ j/cm^2$
	۴۰۰–۱۴۰۰	$۱۰^{-۷}$ تا ۱۰	$۱/۱\ C_A\ (t^{۰/۲۵})\ j/cm^2$
	۴۰۰–۱۴۰۰	۱۰ تا ۳×۱۰^{۴}	$۰/۲\ C_A\ W/cm^2$
IR – B & C**	$۱۰^{۶}$–۱۴۰۱	$۱۰^{۹}$ تا ۳×۱۰^{۴}	مطابق جدول ۱۶

* اُزن (O_3) توسط منابع پرتو فرابنفش (UV) در طول موجهای کمتر از ۲۵۰mm در هوا تولید می گردد. به بخش حدود مجاز شغلی عوامل شیمیایی اُزن مراجعه شود.

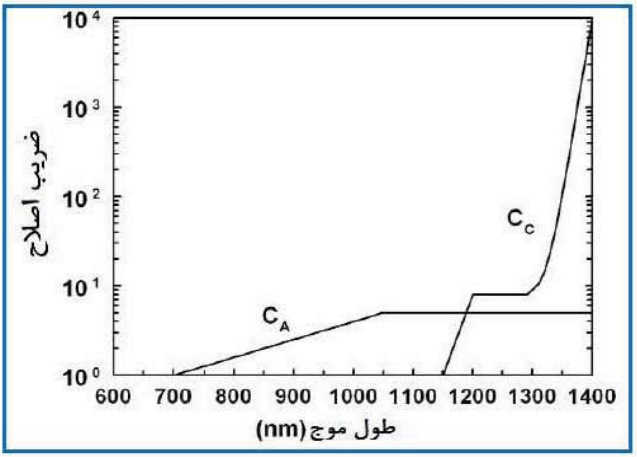
$C_8 = ۱/۰$ به ازاء $\lambda = ۴۰۰–۷۰۰nm$، برای $\lambda = ۷۰۰ – ۱۴۰۰\ nm$ به نمودار ۱ مراجعه شود.

** در طول موجهای بیش از ۱۴۰۰ nm، برای سطح مقطع پرتو به میزان بیش از ۱۰۰ سانتی متر مربع و مدت پرتوگیری بیش از ۱۰ ثانیه است، حد مواجهه شغلی از رابطه $OEL = (10000/A_3)\ mw/cm^2$ به دست می‌آید که A_3 مساحت پوست پرتو گرفته از ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ سانتی متر مربع و OEL درصورتیکه مساحت پوست پرتو گرفته بیش از $۱۰۰۰\ cm^2$ باشد $۱۰\ mw/cm^2$ و در صورتی که مساحت پوست پرتو گرفته کمتر از ۱۰۰ باشد حد مجاز شغلی $۱۰۰\ mw/cm^2$ می‌باشد.

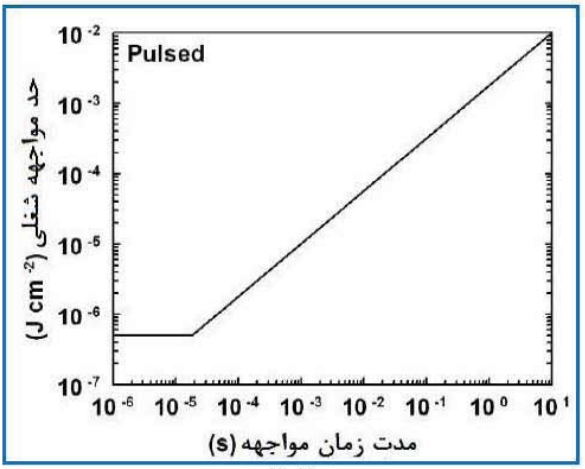
شکل ۹– تغییرات α_{max} بر مبنای مدت زمان مواجهه



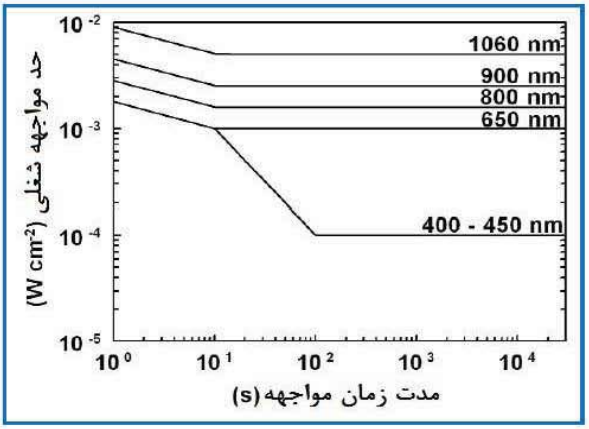
شکل ۱۰– ضریب تصحیح OEL در محدوده طول موج ۴۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر



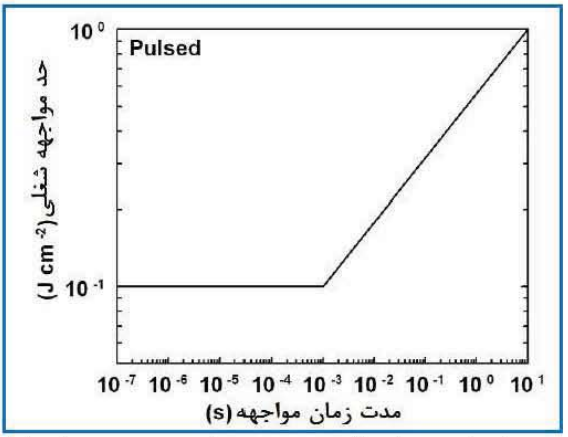
شکل ۱۱- حد مجاز مواجهه شغلی برای نگاه گردن به طور مستقیم داخل لیزر در محدوده ۴۰۰ الی ۷۰۰ نانومتر



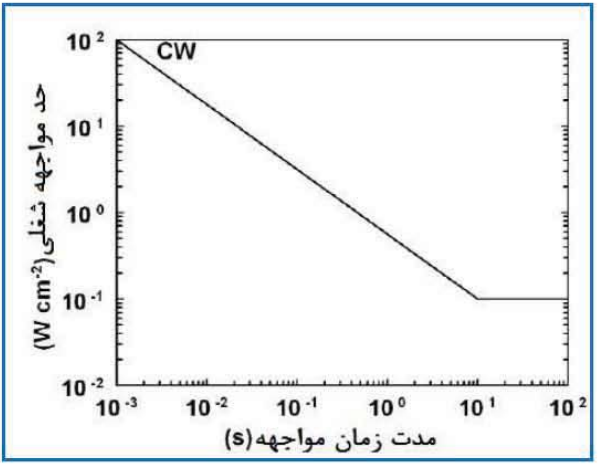
شکل ۱۲ – حد مجاز مواجهه شغلی برای نگاه گردن به طور مستقیم داخل لیزر نوع پیوسته در محدوده ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر



شکل ۱۳- حد مجاز مواجهه شغلی با لیزر برای پوست وچشم برای طول موج های بزرگتر از ۱/۴ میکرومتر



شکل۱۴- حد مجاز مواجهه شغلی با لیزر نوع پیوسته برای پوست وچشم برای طول موج های بزرگتر از ۱/۴ میکرومتر



روشنایی

کمیته تعیین مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی عوامل فیزیکی پس از مطالعه و بررسی مدارک موجود و نظر به سوابق جداول تفصیلی نسخه‌های قبلی کتابچه حد مجاز مواجهه شغلی با لحاظ اینکه تأمین روشنایی کافی و مطلوب از نقطه نظر ارگونومیک و ایمنی نیز حائز اهمیت بوده و می‌تواند از اختلالات اسکلتی عضلانی مرتبط با روشنایی نیز پیشگیری نماید، به جای جداول قبلی از جداول فشرده جدید با تدوین و ارائه حدود توصیه شده (الزامی و هم ارزش با OEL) در جداول ۱۸ و ۱۹ ارقامی را برای تعیین میانگین شدت روشنایی عمومی داخلی اماکن مختلف بر مبنای خصوصیات مکان و دقت مورد نیاز برای رؤیت واضح اشیاء و تصاویر به همراه شاخص یکدستی روشنایی و جدول ۲۰ برای محوطه ها و معابر آورده شده است. این مقادیر حداقل شدت روشنایی را در موارد ذکر شده تعیین نموده است. همچنین با توجه به نیاز برخی از مشاغل به تأمین روشنایی موضعی برای انجام کار راحت حدود توصیه شده شدت روشنایی موضعی مورد نیاز برای مشاغل مختلف در جدول ۱۹ آورده شده است.

شدت روشنایی مورد نیاز بر حسب لوکس (لومن بر متر مربع) انتخاب شده است. اندازه‌گیری مقادیر شدت روشنایی باید توسط دستگاه سنجش روشنایی با دقت ۰/۱ لوکس و به صورت کالیبره شده در ارتفاع سطح کار انجام شود. معیار تعیین ایستگاههای اندازه گیری روشنایی عمومی استفاده از روش الگویی مورد قبول انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی IESNA[1] در ارتفاع عمومی سطح کار و محاسبات مربوط به آن می‌باشد. در اندازه‌گیری روشنایی موضعی باید حداقل سه ایستگاه در سطح کار(که یکی از آنها محدوده بیشترین زمان رؤیت باشد) مورد سنجش قرار گیرد و ارقام هیچ یک از آنها از حد توصیه شده جدول ۱۹ نباید کمتر باشد.

به همین صورت در جدول شماره ۲۰ حدود توصیه شده میانگین شدت روشنایی مورد نیاز برای معابر و محوطه‌های باز مختلف آورده شده است. معیار تعیین ایستگاههای اندازه گیری روشنایی عمومی در محوطه‌ها بر اساس معیار شبکه‌ای مورد قبول انجمن مهندسین روشنایی آمریکای شمالی در سطح معابر و محوطه‌ها با رعایت شاخص یکدستی توزیع روشنایی می‌باشد.

روشنایی اضطراری که مربوط به زمانهای خاص نظیر قطع جریان برق اصلی، تعمیرات سامانه اصلی تأمین روشنایی و هنگام حوادث است باید به طور مجزا به گونه‌ای تأمین شده باشد که در هیچ محدوده‌ای از ۵۰ لوکس برای فعالیت موقت کمتر نباشد در مسیرهای عبور و محدوده های خروج اضطراری افراد شدت روشنایی در کف مکان مورد نظر از ۱۰ لوکس کمتر نباشد.

1 - Illumination Engineering Society of North America

جدول ۱۸– حدود توصیه شده میانگین شدت روشنایی عمومی داخلی* مورد نیاز برای اماکن مختلف (Lx)

گروه مکان	خصوصیات مکان	دقت وضوح اشیاء و تصاویر	مثال	میانگین شدت روشنایی عمومی مورد نیاز Lx	شاخص یکدستی E_{min}/E_{av_g}
الف	مکانهایی با تردد محدود افراد	۱۰ سانتی متر	زیرزمین‌ها، راهروها، تونل‌های عبور و زیرگذرها	۱۰۰	۰/۶
ب	مکانهایی با توقف محدود افراد	۱۰ سانتی متر	انبارها و راه‌های خروج	۱۵۰	۰/۶
ج	کارهای غیر دقیق	۱۰ سانتی متر	بارگیری و تخلیه یا آماده سازی مواد اولیه تولید، کارهای عمومی ساختمان	۲۰۰	۰/۶
د	کارهای با دقت متوسط	۵ سانتی متر	کارهای خدماتی و تولیدی صنعتی، سالن‌های ورزشی عمومی، اماکن	۲۵۰	۰/۶
ه	کارهای دقیق	۵ میلی متر	کارهای اداری، آموزشی تحریری، بهداشتی درمانی، خط مونتاژ قطعات، چاپ، نساجی و پوشاک، اتاق کنترل	۳۰۰	۰/۶

* مبنای سنجش، ارتفاع عمومی سطح کار و براساس الگوهای شش گانه IESNA می‌باشد.

جدول۱۹- حدود توصیه شده شدت روشنایی موضعی مورد نیاز برای مشاغل مختلف (Lx)

گروه شغل	خصوصیات شغل	دقت وضوح اشیاء و تصاویر	مثال	شدت روشنایی موضعی مورد نیاز Lx
الف	کارهای معمول غیر دقیق	۵ سانتی متر	مشاغل تولیدی و تعمیرات عادی	۲۵۰
ب	کارهای نسبتاً دقیق	یک سانتی متر	مونتاژ قطعات مکانیکی، تعمیر تجهیزات مکانیکی	۲۷۰
ج	کارهای دقیق	۵ میلی متر	مشاغل اداری، تحریری یا تایپی، تعمیرات و مونتاژ تجهیزات الکتریکی	۳۰۰
د	کارهای خیلی دقیق	یک میلی متر	نقشه کشی، طراحی دقیق، مونتاژ یا تعمیر قطعات ریز، قالی بافی	۵۰۰
ه	کارهای فوق‌العاده دقیق	کمتر از یک میلی متر	جراحی	۵۰۰-۱۰۰۰۰

جدول۲۰- حدود توصیه شده میانگین شدت روشنایی مورد نیاز برای معابر و محوطه‌های باز مختلف (Lx)

خصوصیات مکان	مبنای سنجش	میانگین شدت روشنایی عمومی مورد نیاز Lx	شاخص یکدستی E_{min}/E_{av_g}
محوطه عمومی کارگاه‌های تولیدی و ساختمانی، توقفگاه‌ها، باراندازها	کف زمین	۵۰	۰/۳۳
راه‌های اصلی و شریانی	کف زمین	۲۰	۰/۳۳
راه‌های فرعی	کف زمین	۱۵	۰/۳۳
پیاده روها	کف زمین	۲۰	۰/۳۳
تونل‌های عبور سواره	کف زمین	۵۰	۰/۳۳

حدود مجاز مواجهه شغلی تنش‌های دمایی

الف – تنش گرمایی[1]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی استرس گرمایی که در جدول ۲۱ آمده است به شرایطی از استرس گرمایی اشاره دارد که تحت آن شرایط، شاغلین می‌توانند به طور مکرر با گرما مواجهه داشته باشند بدون آنکه اثرات سوء مشهودی در سلامت آنان ایجاد شود. مقادیر مذکور با شاخص دمای تر گوی-سان[2](WBGT) بر مبنای این فرض تعیین شده‌اند، که کلیه افراد با شرایط گرمایی محیط کار تطابق یافته و لباس مناسب (مثلاً شلوار و پیراهن سبک) بر تن داشته و به مقدار کافی آب و نمک استفاده نموده‌اند تا تحت شرایط کاری معین بدون افزایش دمای عمقی بدن از حد ۳۸ °C (۱۰۰/۴ °F) بتوانند کارایی مؤثری داشته باشند.

در صورتیکه برای حفاظت در برابر سایر عوامل زیان آور محیط کار استفاده از لباس حفاظت فردی خاص و وسایل حفاظت فردی دیگری لازم است استفاده شود، بایستی مقادیر شاخص محاسبه شده برای تعیین حد مجاز شغلی براساس مقادیر ذکر شده در جدول ۲۲ اصلاح گردد.

از آنجایی که اندازه‌گیری میزان دمای عمقی بدن برای پایش اضافه بار حرارتی وارد بر شاغلین غیر عملی است باید آن دسته از عوامل محیط که کاملاً با دمای عمقی و سایر واکنش‌های فیزیولوژیکی بدن در مقابل حرارت مرتبط هستند، اندازه‌گیری شوند. درحال حاضر شاخص WBGT ساده‌ترین و مناسب‌ترین معیار برای تعیین استرس گرمایی است که براساس معادلات زیر محاسبه می‌گردد:

۱) در فضای باز غیر مسقف $WBGT = 0.7\, t_{nw} + 0.2\, t_g + 0.1\, t_a$

۲) در فضای سرپوشیده یا فضای باز (سایه یا ابری) $WBGT = 0.7\, t_{nw} + 0.2\, t_g$

که در روابط فوق WBGT شاخص تر گوی‌سان با واحد درجه سانتی‌گراد، t_{nw} دمای تر طبیعی، t_g دمای گوی‌سان و t_a دمای خشک هوای محل کار می‌باشد. برای تعیین مقدار WBGT لازم است که از دماسنج گوی‌سان، دماسنج تر طبیعی و دماسنج خشک استفاده شود. اندازه‌گیری دمای تر طبیعی و خشک باید در سایه انجام شود. کار در محیط گرمتر از دمای ذکر شده در جدول ۲۱ وقتی مجاز است که این افراد تحت مراقبت‌های مرتب پزشکی قرار داشته و اثبات شود که قابلیت تحمل حرارت محیطی بیشتری نسبت به افراد عادی دارند.

---

1 - Heat Stress

2 .Wet Bullb Globe Temperature

در صورتی که دمای عمقی بدن از (۱۰۰/۴ °F)۳۸ °C فراتر رود باید از ادامه کار فرد ممانعت به‌عمل آید.

جدول ۲۱- حد مجاز مواجهه شغلی برای مواجهه با استرس گرمایی
با شاخص دمای ترگوی‌سان (WBGT)

مدت زمان کار	کار سبک		کار متوسط		کار سنگین		کار خیلی سنگین	
	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز	حد مراقبت (عمل)	حد مجاز
٪۷۵ الی ٪۱۰۰	۲۸	۳۱	۲۵	۲۸	–	–	–	–
٪۵۰ الی ٪۷۵	۲۸/۵	۳۱	۲۶	۲۹	۲۴	۲۷/۵	–	–
٪۲۵ الی ٪۵۰	۲۹/۵	۳۲	۲۷	۳۰	۲۵/۵	۲۹	۲۴/۵	۲۸
٪۰ الی ٪۲۵	۳۰	۳۲/۵	۲۹	۳۱/۵	۲۸/۰	۳۰/۵	۲۷	۳۰

نکات جدول ۲۱

۱) حد مراقبت (اقدام) در واقع مشابه شرایط افراد سازش نیافته است و شرایطی را توصیف می‌کند که درحدود توصیه شده برنامه‌های پیشگیرانه کنترل مدیریتی و پایش فردی در استرس حرارتی بکار گرفته شود.

۲) برای تعیین درجه بارکاری به جدول شماره ۲۳ و ۲۴مراجعه شود.

۳) مقادیر WBGT بر حسب درجه سانتیگراد می‌باشد و به نزدیکترین رقم نسبت به نیم درجه گرد شده است.

۴) محیط کار و استراحت یکسان فرض می‌شود. در صورتیکه شرایط جوی این دو محیط متفاوت است، متوسط وزنی زمانی (TWA) در طی یک ساعت محاسبه و بکار برده شود. و در صورتی که تفاوت درجه بارکاری در یک ساعت وجود دارد، برای تعیین درجه بارکاری نیز TWA می‌بایست استفاده شود.

۵) در صورتی که لباس کار سبک و تابستانی نباشد، مقدار مؤثر شاخص WBGT بعد از اصلاح اثر کلوی[1] لباس می‌بایست در جدول با حد مجاز مقایسه گردد.

1 - Clo Value

۶) مقادیر جدول ۲۱ براساس اسناد و مدارک بخش "رژیم کار- استراحت" که فرض بر ۸ ساعت کار روزانه و ۵ روز کاری در هفته با استراحت‌های مناسب می‌باشد تدوین گردیده است. در صورتی که ساعات کار بیش از معمول روزانه باشد به بخش "کاربرد حد آستانه مجاز" اسناد ACGIH مراجعه شود.

۷) در جدول ۲۱ برای مدت ۱۰۰٪ کار، دو نوبت استراحت کوتاه ۱۵ دقیقه‌ای و یک نوبت استراحت ۳۰ دقیقه‌ای در طول شیفت در نظر گرفته شده است. تناوب کار- استراحت در حالتهای بعدی باید به صورت متناوب باشد و کار یکسره در این حد مجاز ممنوع می‌باشد. نوبتهای استراحت صرف غذا، نماز، نوشیدن آب و مایعات حاوی نمک و شستشوی بدن می‌گردد.

جدول ۲۲- مقدار اصلاح کننده WBGT (بر مبنای درجه سانتیگراد) بر حسب نوع لباس

نوع لباس	مقدار کلو*	مقداری که باید به شاخص WBGT محاسبه شده اضافه شود
لباس کار تابستانی	۰/۶	صفر
لباس کار یکسره نخی	۱/۰	۲
لباس کار زمستانی	۱/۴	۴
لباس ضد آب	۱/۲	۶
لباس ضد بخارات شیمیایی	۱/۲	۱۰

* Clo.value : مقدار عایق بودن لباس در برابر تبادلات حرارتی بین پوست بدن و محیط اطراف است. یک واحد clo برابر ۵/۵۵ کیلوکالری بر متر مربع بر ساعت" تبادل حرارتی" به طریقه تشعشع و جابجایی برای هر درجه سانتیگراد تفاوت بین دمای پوست بدن و دمای خشک می‌باشد.

ارزیابی و کنترل تنش دمایی

یکم: اندازه‌گیری عوامل محیطی

دستگاه‌های مورد نیاز عبارتند از: دماسنج خشک، دماسنج تر طبیعی، دماسنج گوی‌سان و پایه مناسب برای نصب آنها. در صورتی که از دماسنج های مایعی یا دیجیتال استفاده شود همگی می‌توانند بر روی یک پایه در ارتفاع مناسب نصب شده باشند. دماسنج های مورد استفاده باید قبلاً از نظر دقت و صحت مورد تأیید قرار گرفته باشند. اندازه‌گیری عوامل محیط باید به شرح زیر انجام شود:

الف- گستره دماسنج خشک و دماسنج تر طبیعی بین ۵- تا ۵۰+ درجه سانتیگراد (۲۳ تا ۱۲۲ درجه فارنهایت) با دقت ±۰/۵°C باشد ضمن آنکه نباید جریان هوا در اطراف دماسنج خشک قطع یا محدود شود، دماسنج باید در برابر تابش آفتاب و سایر سطوح بازتاب دهنده محافظت گردد. فتیله دماسنج‌تر طبیعی باید حداقل به مدت نیم ساعت قبل از قرائت بوسیله ریختن آب مقطر توسط سرنگ روی آن مستقیماً مرطوب شود. فتیله باید کاملاً روی مخزن دماسنج را پوشانده یا به اندازه یک طول و بیشتر روی مخزن دماسنج را احاطه نماید. فتیله باید همیشه پاکیزه باشد و فتیله نو قبل از استفاده باید شسته شود همچنین برای پرکردن مخزن از آب مقطر استفاده شود.

ب- دماسنج گوی سان از یک کره توخالی مسی به قطر ۱۵ سانتیمتر (۶ اینچ) تشکیل شده که سطح خارجی آن با رنگ سیاه مات یا معادل آن پوشانده شده است. مخزن یا قسمت حساس دماسنج در گستره اندازه‌گیری ۵- تا ۱۰۰+ درجه سانتیگراد (۲۳ تا ۲۱۲ درجه فارنهایت) با دقت ±۰/۵C° باید دقیقاً در مرکز این کره مسی قرار گیرد. قبل از هر بار قرائت باید حداقل ۲۵ دقیقه دماسنج گوی‌سان در محل سنجش قرار گیرد.

ج- پایه به منظور آویزان کردن سه دماسنج فوق الذکر به کار می‌رود. پایه باید به گونه‌ای قرارداده شود که جریان هوا در اطراف سه دستگاه مذکور به طور طبیعی برقرار باشد و دماسنج گوی‌سان در سایه پایه قرار نگیرند.

د- استفاده از سایر دماسنج‌هایی که در مقایسه با دماسنج‌های جیوه‌ای در شرایط محیطی مشابه مقادیر یکسانی را نشان می‌دهند (مانند الکلی یا الکترونیکی) مجاز می‌باشد.

ه- دماسنج‌ها باید در وضعیتی قرار داده شوند که مقادیر قرائت شده از روی آنها نمایانگر شرایطی باشد که شاغلین تحت آن شرایط کار یا استراحت می‌نمایند.

دوم: طبقه‌بندی بار کاری

مجموع گرمای ایجاد شده به وسیله بدن و گرمای محیط "کل بار گرمایی"[1] را تعیین می‌کند. لذا اگر کار باید در محیط گرم انجام شود. برای محافظت کارگر در برابر مواجهه با گرمای بیشتر از مقادیر مجاز باید "درجه بار کاری" برای هر یک از مشاغل تعیین و "حد مجاز گرمایی" متناسب با "بار کاری" شغل مورد نظر به شرح زیر تعیین گردد:

1 - Total Heat Load

کار سبک شامل متابولیسم حداکثر ۲۰۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۸۰۰ Btu/hr[1] شامل مشاغل دستی و بازویی سبک در هنگام کار با ماشین‌های کنترلی در حالت‌های نشسته و یا ایستاده می‌باشد.

کار متوسط شامل متابولیسم ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۱۴۰۰-۸۰۰ Btu /hr مانند راه رفتن ضمن بلندکردن و هل دادن بار متوسط می‌باشد.

کار سنگین شامل متابولیسم ۳۵۰ تا ۵۰۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۲۰۰۰-۱۴۰۰ Btu/hr مانند کلنگ زدن و بیل زدن می‌باشد.

کار خیلی سنگین شامل متابولیسم بیش از ۵۰۰ کیلوکالری بر ساعت یا ۲۰۰۰ Btu/hr مانند کار در معدن می‌باشد.

وقتی درجه بار کاری برای هر شغل تعیین شد میزان حد مجاز شغلی با استرس گرمایی در شغل مورد نظر از طریق محاسبه با استفاده از جدول ۲۱ و توجه به جدول ۲۲ به‌دست می‌آید.

ب ـ بار کار یا از راه اندازه‌گیری متابولیسم کارگر حین کار مورد بحث و یا از طریق تخمین میزان متابولیسم کارگر با استفاده از جداول ۲۳ و ۲۴ تعیین می‌گردد و سپس با مراجعه به جدول شماره ۲۱ حد مجاز مواجهه شغلی برای استرس گرمایی مشخص می‌شود.

سوم: برنامه کار – استراحت

مقادیر ذکر شده در جدول ۲۱ براساس این فرض استوار است که درجه حرارت محیط کار و محل استراحت (بر مبنای WBGT) مشابه و به‌هم نزدیک می‌باشد. در صورتیکه WBGT محیط کار و محل استراحت متفاوت باشند، باید مقادیر میانگین وزنی زمانی (TWA) برای گرمای محیطی و میزان متابولیسم به شرح زیر تعیین شود:

الف ـ میزان میانگین وزنی زمانی (TWA) برای متابولیسم از معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$\overline{M} = \frac{M_1 t_1 + M_2 t_2 + \ldots M_n t_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$

در رابطه فوق، $M_1, M_2, M_3, \ldots M_n$ میزان متابولیسم تخمین زده یا اندازه‌گیری شده در فعالیت‌های مختلف و زمان استراحت کارگر در طی مدت $t_1, t_2, \ldots, t_n$ (برحسب دقیقه) که توسط زمان‌سنجی تعیین شده است.

ب ـ میزان میانگین وزنی زمانی WBGT از طریق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$WBGT = \frac{WBGT_1 \times t_1 + WBGT_2 \times t_2 + \ldots WBGT_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$

1- British Thermal Unit/ hour= Btu/hr

در رابطه فوق $WBGT_n$, ... , $WBGT_2$, $WBGT_1$ مقادیر اندازه‌گیری شده $WBGT$ در محیط‌های کاری و استراحت مختلف در طی شیفت کار روزانه است و t_n , ... , t_1,t_2, مدت زمان گذرانده شده در هر محیط بر حسب دقیقه می‌باشد که توسط زمان سنجی تعیین می گردد. اگر مواجهه با محیط خیلی گرم به طور مستمر در طی چند ساعت و یا در طی روز است باید میانگین وزنی زمانی براساس زمان مراحل کار برمبنای TWA یک ساعته (TWA/hr) محاسبه شود مثلاً دقیقه ۶۰ = $t_1, t_2, \dots, t_n$ و اگر برنامه کار متناوب است میانگین وزنی زمانی برحسب TWA دو ساعته محاسبه می‌شود مثلاً:

دقیقه ۱۲۰ = $t_1,t_2, \dots, t_n$

جدول ۲۴- مثال هایی از درجه بار کاری با توجه به نوع کار

جدول ۲۳- ارزیابی بارکاری

متوسط میزان متابولیسم حین فعالیت‌های مختلف			
الف- وضع بدن و حرکت			**Kcal/min**
حالت نشسته			۰/۳
حالت ایستاده			۰/۶
در حالت راه رفتن			۲/۰-۳/۰
حرکت در سر بالایی			به مقدار تعین شده در حالت راه رفتن به ازاء هر متر ۰/۸ اضافه شود
ب- نوع کار		**میانگین Kcal/min**	**گستره تغییرات** Kcal/min
کار دستی	سبک	۰/۴	۰/۲-۱/۲
	سنگین	۰/۹	
کار با یک بازو	سبک	۱/۰	۰/۷ -۲/۵
	سنگین	۱/۷	
کار با هر دو بازو	سبک	۱/۵	۱/۰ -۳/۵
	سنگین	۲/۵	
کار با تمام بدن	سبک	۳/۵	۲/۵ -۱۵/۰
	متوسط	۵/۰	
	سنگین	۷/۰	
	فوق سنگین	۹/۰	

نوع کار	درجه بارکاری
نوشتن - باقندگی	کار سبک دستی
تایپ کردن	کار سنگین دستی
چکش کاری روی میخ (کفاشی و مبل سازی)	کار سنگین با یک بازو
سوهان کاری فلزات، رنده کاری چوب و کارهای باغبانی (با شن کش)	کار سنگین با دو بازو
تمیز کردن سطح زمین، تکان دادن فرش	کار متوسط با همه بدن
ریل گذاری، چاه کنی، پوست کنی تنه درختان	کار سنگین با همه بدن
مثال برای محاسبه بار کاری: مونتاژ کاری با استفاده از ابزار سنگین	
راه رفتن در امتداد خط تولید = ۲/۰ Kcal/min	
متابولیسم بین کار سنگین با هر دو بازو و کار سبک با همه بدن = ۳/۰ Kcal/min	
جمع = ۵/۰Kcal/min	
متابولیسم پایه نیز اضافه می‌شود = ۱/۰Kcal/min	
جمع کل متابولیسم = ۶/۰Kcal/min	

تذکر مهم

مقادیر ذکر شده برای کار مداوم وقتی قابل اجرا است که برنامه «کار- استراحت» برای ۵ روز در هفته و ۸ ساعت کار روزانه با دو توقف کوتاه مدت هر یک حدود پانزده دقیقه، یک نوبت در صبح و یک نوبت در بعد از ظهر و یک توقف طولانی‌تر حدود نیم ساعت برای ناهار همراه باشد. مواجهه با مقادیر بیش از حد مجاز شغلی عنوان شده وقتی مجاز است که «استراحت اضافی» در برنامه کار گنجانده شده باشد. در مواردی که در برنامه کار روزانه به جهت حرارت زیاد محیط کار «استراحت اضافی» منظور شده است، کلیه توقف‌ها اعم از توقف بدون برنامه قبلی و یا موارد توقف توصیه شده توسط مدیریت یا توقف‌های فنی را می‌توان به حساب زمان استراحت حین کار منظور نمود.

چهارم: تأمین آب و نمک جبرانی

در فصل گرما یا مواقعی که کارگر با منابع تولید حرارت در مواجهه است، آب آشامیدنی مناسب و کافی باید در دسترس باشد و امکان آشامیدن آب حین کار هم باید میسر گردد. شرایط آب آشامیدنی برای کارگران محیط گرم به شرح زیر است:

۱- کارگران باید ترغیب شوند که مکرراً در فواصل کوتاه (هر ۱۵ تا ۲۰ دقیقه) به مقدار کم (حدود ۱۵۰ سانتیمتر مکعب) مثلاً یک فنجان آب خنک بنوشند.

۲- دمای آب خنک حدود ۱۰ درجه تا ۱۵ درجه سانتیگراد (۵۰ تا ۶۰ درجه فارنهایت) و باید نزدیک محل کار قرار داده شود تا نیازی به ترک محل کار نباشد.

۳- کارگران ترغیب شوند تا در فصل گرما و بخصوص در طی کار در محیط خیلی گرم به غذا به مقدار مورد نیاز نمک اضافه نمایند.

۴-برای کارگرانی که با گرمای محیط تطابق نیافته‌اند آب نمک در غلظت یک دهم درصد (یک گرم نمک در یک لیتر آب یا یک قاشق غذاخوری سر صاف نمک در ۵ لیتر آب) باید در دسترس باشد و نمک اضافه شده قبل از توزیع باید کاملاً حل شده باشد و آب در حد مطلوب خنک باشد. در مواردی که این کار مقبولیت ندارد، با نظر پزشک می‌توان از قرص نمک استفاده نمود.

پنجم: سایر ملاحظات

الف- لباس کار: مقادیر حد مجاز شغلی اعلام شده برای استرس گرمایی، در صورتی معتبر است که لباس کار سبک تابستانی همانند آنچه که معمولاً کارگران هنگام کار در محیط کار به تن دارند پوشیده شود. چنانچه برای انجام کار معین، لباس کار مخصوص نیاز است و این لباس سنگین‌تر است یا از تبخیر عرق جلوگیری می‌کند یا ضریب عایق بودن آن بالاتر می‌باشد و در نتیجه ظرفیت تحمل گرمایی کارگر تقلیل می‌یابد و مقادیر مندرج در جدول ۲۱ دیگر کاربرد ندارد، در چنین مواردی وقتی برای انجام کاری لباس کار مخصوص مورد نیاز است، جهت راهنمایی در جدول ۲۲ برای انواع لباس کار مقدار تصحیح WBGT ذکر شده است.

ب- حد مجاز مواجهه شغلی برای استرس گرمایی باید توسط کارشناس بهداشت حرفه‌ای تعیین گردد.

ج ـ تطابق گرما و سلامتی بدن: ضمن هفته اول مواجهه با محیط گرم، در نتیجه توازن عوامل متعدد روانی و فیزیولوژیک، تطابق با گرما[1] در فرد بوجود می‌آید. مقادیر توصیه شده در مورد کارگرانی که با گرما تطابق یافته‌اند و سالم می‌باشند معتبر است. برای کارگرانی که به گرما عادت نکرده‌اند و یا سالم نیستند احتیاط‌های بیشتری باید مراعات شود.

د- عوارض ناشی از گرمازدگی: گرمازدگی از جمله عوارض جدی و نامطلوب مواجهه با درجه حرارت‌های بالا است و ممکن است زندگی را تهدید کند و یا ضایعات غیرقابل برگشت به جا بگذارد. بی‌حالی و خستگی مفرط[2] ناشی از گرمازدگی ممکن است موجب عارضه Heat Prostration (مجموع علائم سرگیجه و تهوع و حالت Collapase) گردد، که در برخی موارد غیر قابل برگشت است. انقباض دردناک عضلات[3]، اگر چه ناتوان‌کننده است ولی قابل برگشت است بخصوص اگر سریع و به موقع

1 - Acclimatization

2 - Heat Exhaustion

3 - Heat Cramps

درمان شود. از دیگر عوارض ناشی از مواجهه با گرمای زیاد، اختلال شدید الکترولیت، کم آبی بدن، سرخی پوست و ادم گرمایی و کم شدن ظرفیت‌های کار فکری و جسمی می‌باشد.

اگر ضمن سه ماه اول بارداری میزان دمای عمقی کارگر باردار به مدت طولانی از ۳۹°C (۱۰۲/۲°F) تجاوز کند احتمال تشکیل جنین ناقص الخلقه افزایش می‌یابد. از طرف دیگر دمای عمقی بیشتر از ۳۸ درجه سانتیگراد(۱۰۰/۴°F) به طور موقتی موجب نا باروری در مرد و یا زن می‌شود.

ب ـ تنش سرمایی[1]

مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی به منظور حفظ شاغلین در برابر اثرات شدید سرما (کاهش دمای عمقی بدن) و ضایعات ناشی از سرما تدوین شده است و بیانگر حالتی از مواجهه شغلی با سرما است که تحت آن شرایط شاغلین می‌توانند مکرراً با سرما مواجهه داشته باشند بدون آنکه عارضه یا اختلال مشهود ناشی از سرما در آنان بروز نماید. در اینجا حد مجاز مواجهه شغلی از سقوط درجه حرارت عمقی بدن به زیر ۳۶ درجه سانتیگراد (۹۶/۸ °F) جلوگیری و از ایجاد ضایعات سرمازدگی انتهای اندام‌ها، پیشگیری می‌کند (حرارت عمقی بدن، همان حرارت مرکزی بدن است که از طریق اندازه‌گیری درجه حرارت مقعد تعیین می‌شود). در یک نوبت مواجهه اتفاقی با محیط سرد کاهش درجه حرارت مرکزی بدن به پائین‌تر از ۳۵ درجه سانتیگراد (۹۵ °F) مجاز نمی‌باشد. مقادیر حد مجاز مواجهه شغلی، کل بدن به ویژه دستها، پاها و سر را در برابر ضایعات سرمازدگی حفاظت می‌نماید. استفاده از لباس مناسب و خشک(محافظ سر، صورت و چشم ها، بدن، دستها و پاها) که دارای مقاومت حرارتی متناسب با سرمای محیط و مقاوم به نفوذ آب باشد برای شاغلین مشمول این حدود مجاز اجباری می‌باشد. در صورتی که فرد استعمال دخانیات، مصرف مشروبات الکلی یا مواجهه همزمان با ارتعاش نیز داشته باشد، این حدود تعریف شده نمی‌تواند سلامت فرد را در مقابل سرما تأمین نماید. همچنین مرطوب یا خیس بودن لباس به دلیل تسریع ۲۰ برابری انتقال حرارت نیز اجرای این حدود مجاز را نقض می‌کند لذا لباس فرد همواره باید خشک و غیر قابل نفوذ به بدن باشد.

مقدمه

مواجهه مرگبار با سرما نتیجه عدم توفیق در فرار از محیط سرد و یا به‌دلیل فرو رفتن در آب سرد می‌باشد. در چنین شرایطی نشانه‌های بالینی مصدومین کاهش دما در جدول شماره ۲۵ آمده است. شاغلین باید همواره از مواجهه با سرما محافظت شوند. به طوریکه درجه حرارت عمقی مرکزی بدن به کمتر از ۳۶

1 - Cold Stress

درجه سانتیگراد (۹۶/۸ °F) سقوط نکند. افت درجه حرارت بدن موجب کاهش هوشیاری و تمرکز فکری می‌شود، تصمیم‌گیری منطقی کاهش می‌یابد و یا سبب بیهوشی و نهایتاً مرگ می‌گردد.

لرز عمومی بدن و درد در انتهای اندام‌های حرکتی ممکن است اخطاری زودرس و اولیه از خطر سرمازدگی باشد. هنگام مواجهه با سرما که درجه حرارت مرکزی بدن تا ۳۵ درجه سانتی گراد پایین آمده باشد بدن شدیداً دچار لرز می‌گردد. این نشانه خطر برای کارگران محسوب می‌شود و مواجهه با سرما برای هر فردی که دچار لرز شدید شد فوراً باید قطع گردد. به هنگام بروز لرز شدید فعالیت و کار مفید جسمی و فکری دچار محدودیت خواهد شد. از آنجا که مواجهه طولانی با هوای سرد یا فرو رفتن در آب سرد و در دمای بالای انجماد می‌تواند موجب کاهش دما در حد خطرناک شود، لذا باید تمام بدن را بااقدامات زیر در مقابل سرما محافظت نمود:

۱- اگر کار در محیطی انجام می‌شود که درجه حرارت هوای محیط کمتر از ۴ درجه سانتیگراد (۴۰°F) است برای حفظ دمای عمقی بدن به میزان بیش از ۳۶ درجه سانتیگراد (۹۶/۸ °F) باید لباس خشک و عایق‌بندی مناسب در اختیار کارگران قرار گیرد.

نظر به این که درجه خنک‌کنندگی باد سرد و توان سردکنندگی هوا از عوامل تعیین کننده هستند، (دمای معادل سرماباد[1] (ECT) عبارت است از دمای معادلی که تابعی از دمای هوا و سرعت باد مؤثر بر تبادل دمای بدن می‌باشد) هرچه سرعت باد بیشتر و دمای محیط کار کمتر باشد باید میزان عایق بودن لباس مورد نیاز افزایش یابد. در این شرایط، استفاده از امکاناتی نظیر پاراوان محافظ باد، چادر یا کانکسهای محدود کننده جریان هوا در محل کار به طور مؤکد توصیه می‌گردد.

دمای معادل سرماباد به ازاء دمای موجود هوا (دمای خشک) و سرعت باد در جدول ۲۶ نشان داده شده است. هنگام برآورد دمای معادل سرما و تعیین میزان عایقی لباس برای حفظ دمای عمقی بدن باید اثر خنک‌کنندگی باد و دمای هوا روی پوست در نظر گرفته شود. در این جدول محدوده‌های اخطار برای حفظ دمای داخلی بدن در حد ۳۶ درجه سانتی‌گراد و پیشگیری از یخ‌زدگی اندامهای انتهایی معلوم شده است.

۲- در شرایط معمول به جز دستها، پاها و سر معمولاً ضایعات سرمازدگی در سایر اندام‌ها همراه با افت دمای عمقی بدن می‌باشد. شاغلین سالمند و کارکنان مبتلا به بیماری‌های عروقی نیازمند محافظت و مراقبت در مقابل ضایعات ناشی از سرما می‌باشند. پوشیدن لباس‌های اضافی (عایق سرما) و یا کاهش زمان مواجهه با سرما از جمله تدابیر احتیاطی است که باید مد نظر باشد.

---

1 - Equivalent Chill Temperature (Wind chill)

تدابیر احتیاطی اتخاذ شده تابع وضع جسمی شاغلین است و باید با مشورت و راهنمایی یک پزشک مطلع به مسائل استرس سرما و وضعیت درمانی فرد اتخاذ گردد.

۳- وجود پناهگاه مطمئن و گرم برای استراحت در وقفه‌های کاری، لباس یدکی خشک برای تعویض به موقع هنگام خیس شدن لباس شاغلین و همچنین امکانات تغذیه گرم، وسایل کمک‌های اولیه و مخابراتی برای مواقع خطر ضرورت دارد.

جدول ۲۵- علائم بالینی پیش رونده نتیجه کاهش دمای عمقی بدن*

درجه حرارت عمقی		نشانه‌های بالینی
°C	°F	
۳۷/۶	۹۹/۶	"طبیعی" دمای مقعد
۳۷	۹۸/۶	"طبیعی" دمای دهان
۳۶	۹۶/۸	افزایش متابولیسم به منظور جبران گرمای از دست رفته
۳۵	۹۵/۰	حداکثر لرز
۳۴	۹۳/۲	مصدوم هوشیار است و جواب می‌گوید و فشار خون طبیعی است.
۳۳	۹۱/۴	علائم کاهش شدید دما در پایین تر از این درجه حرارت
۳۲	۸۹/۶	هوشیاری مخدوش است، تعیین فشار خون مشکل است، مردمک‌ها گشاد هستند ولی به نور
۳۱	۸۷/۸	جواب می‌دهند، لرز متوقف می‌شود.
۳۰	۸۶/۰	از دست دادن پیش رونده هوشیاری، سفتی عضلات افزایش می‌یابد، گرفتن نبض و فشار خون
۲۹	۸۴/۲	مشکل است، تعداد تنفس کاهش می‌یابد.
۲۸	۸۲/۴	فیبریلاسیون بطنی به همراه افزایش تحریک پذیری میوکارد ممکن است عارض شود.
۲۷	۸۰/۶	حرکات ارادی متوقف می‌شود، مردمکها به نور جواب نمی‌دهند و رفلکس عمقی و محیطی تاندونی جواب نمی‌دهد.
۲۶	۷۸/۸	مصدوم به ندرت هوشیار است.
۲۵	۷۷/۰	فیبریلاسیون بطنی ممکن است خود به خود عارض شود.
۲۴	۷۵/۲	ورم حاد ریه (pulmonary edema)
۲۲	۷۱/۶	بیشترین خطر بروز فیبریلاسیون بطنی محتمل است
۲۱	۶۹/۸	
۲۰	۶۸/۰	توقف قلب
۱۸	۶۴/۴	پایین ترین حد اتفاقی کاهش دما که مصدوم امکان بهبودی دارد.
۱۷	۶۲/۶	در EEG موجی رسم نمی‌شود.
۹	۴۸/۲	پایین ترین حد برای بهبودی بیماری که به طور مصنوعی سرد شده است.

*بروز علائم بالینی با دمای مرکزی رابطه تقریبی دارد.(نقل از نشریه پزشک خانواده آمریکا، ژانویه ۱۹۸۲ انتشارات آکادمی پزشک خانواده آمریکا).

جدول ۲۶- دمای معادل سرماباد (ECT) مؤثر بر بافتهای عمقی بدن

حدود سرعت باد (m/s)	دمای قرائت شده هوای محیط (°C)																				
	۸	۶	۴	۲	۰	-۲	-۴	-۶	-۸	-۱۰	-۱۲	-۱۴	-۱۶	-۱۸	-۲۰	-۲۲	-۲۴	-۲۶	-۲۸	-۳۰	
	درجه معادل سرماباد (ECT °C)																				
۲	۷	۵	۳	۱	-۱	-۳	-۵	-۷	-۹	-۱۱	-۱۳	-۱۵	-۱۷	-۱۹	-۲۱	-۲۳	-۲۵	-۲۷	-۳۰	-۳۲	
۴	۳	۱	-۲	-۴	-۷	-۹	-۱۱	-۱۴	-۱۶	-۱۹	-۲۱	-۲۳	-۲۶	-۲۸	-۳۱	-۳۳	-۳۵	-۳۸	-۴۰	-۴۳	
۶	۰	-۲	-۵	-۸	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۱۸	-۲۱	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۱	-۳۴	-۳۷	-۳۹	-۴۲	-۴۵	-۴۷	-۵۰	
۸	-۲	-۵	-۷	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۱۹	-۲۱	-۲۴	-۲۷	-۳۰	-۳۳	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۳	-۴۷	-۴۹	-۵۲	-۵۵	
۱۰	-۳	-۶	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	-۲۷	-۳۰	-۳۳	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۴	-۴۷	-۵۰	-۵۳	-۵۶	-۵۹	
۱۲	-۵	-۸	-۱۱	-۱۴	-۱۷	-۲۰	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۴	-۴۷	-۵۰	-۵۳	-۵۶	-۵۹	-۶۲	
۱۴	-۵	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۸	-۲۱	-۲۴	-۲۷	-۳۰	-۳۳	-۳۶	-۳۹	-۴۲	-۴۵	-۴۸	-۵۲	-۵۵	-۵۸	-۶۱	-۶۴	
۱۶	-۶	-۹	-۱۲	-۱۵	-۱۹	-۲۲	-۲۵	-۲۸	-۳۱	-۳۴	-۳۷	-۴۰	-۴۴	-۴۷	-۵۰	-۵۳	-۵۶	-۵۹	-۶۲	-۶۶	
۱۸	-۷	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۱۹	-۲۲	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۵	-۳۸	-۴۱	-۴۵	-۴۸	-۵۱	-۵۴	-۵۷	-۶۰	-۶۴	-۶۷	
۲۰*	-۷	-۱۰	-۱۳	-۱۶	-۲۰	-۲۳	-۲۶	-۲۹	-۳۲	-۳۶	-۳۹	-۴۲	-۴۵	-۴۸	-۵۲	-۵۵	-۵۸	-۶۱	-۶۴	-۶۸	
	خطر پایین*								خطر فزاینده**								خطر بالا***				
در هر نقطه‌ای از جدول ممکن است عارضه از نوع پای غوطه ور immersion foot یا پای خندقی trench foot ایجاد شود.																					

* حداکثر خطر از احساس کاذب ایمنی در مواجهه کمتر از یک ساعت با پوست خشک

** خطر یخ‌زدگی اندام در معرض سرما در یک دقیقه

*** ممکن است اندام در ۳۰ ثانیه دچار یخ زدگی شود.

ارزیابی و نظارت

۱) زمانی که سرعت جریان هوا و درجه حرارت منجر به دمای معادل سرماباد به ۳۲- درجه سانتیگراد (۲۵/۶ °F-) برسد، مواجهه مستمر پوست با سرما مجاز نیست.

۲) بدون توجه به سرعت جریان هوا نیز موارد یخزدگی نسج سطحی و یا نسج موضعی عمقی در دمای پایین تراز ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲ °F) امکان بروز دارد.

۳) در دمای۲ درجه سانتیگراد (۳۵/۶ °F) یا کمتر، تعویض فوری لباس افرادی که در آب فرو رفته‌اند و یا لباسشان مرطوب شده الزامی است و برای پیشگیری از عوارض و پیامدهای کاهش دمای بدن باید تحت درمان قرار گیرند.

۴) در جدول ۲۷، برای شاغلینی که به طرز مناسبی لباس کار پوشیده‌اند، مقادیری توصیه شده است که برای تنظیم برنامه زمانبندی شده کار- استراحت توأم با گرم شدن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵) به منظور حفظ تداوم فعالیت‌های دستی دقیق و پیشگیری از حوادث، لازم است دست‌ها به طور ویژه‌ای به شرح زیر حفاظت شوند:

الف- اگر کارهای ظریف دستی با دستهای لخت برای مدت بیشتر از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه در محیطی زیر ۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰/۸ °F) انجام می‌شود، برای گرم نگه داشتن دستها باید پیش‌بینی‌های ویژه انجام گیرد، بدین منظور جریان هوای گرم و بخاری‌های تابشی ممکن است بکار رود. در دمای کمتر از ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲ °F) دسته‌های فلزی ابزارآلات و اهرم‌های کنترل باید با مواد عایق حرارتی روکش شوند.

ب- اگر دمای هوا برای کارهای نشسته به پایین‌تر از ۱۶ °C (۶۰/۸ °F) و در کارهای سبک به ۴ °C (۳۹/۲ °F) کاهش باید و کارهای دستی ظریف دقیق و ماهرانه مورد نیاز نباشد، آنگاه شاغلین باید از دستکش استفاده نمایند.

۶) برای پیشگیری از یخزدگی تماسی دستها، شاغلین باید از دستکش‌های عایق سرما به‌شرح زیر استفاده نمایند:

الف- هر زمان که کار در نزدیکی سطوح سرد، با دمای کمتر از ۷ °C- (۱۹/۴ °F) انجام می‌شود، باید به یکایک افراد برای پیشگیری از ضایعات تماس اتفاقی پوست هشدار داده شود.

ب- اگر دمای هوا ۱۷/۵ °C- (۰/۵ °F) یا کمتر باشد دستها باید بوسیله دستکش‌های کار (دو انگشتی)[1] محافظت شوند. دستگاه‌های کنترلی و ابزارهای کار باید طوری طراحی شوند که برای کار با آنها نیاز

1 - Mittens

به بیرون آوردن دستکش کار نباشد.

۷) اگر دمای محیط کار ۴ °C (۳۹/۲ °F) یا کمتر باشد، تأمین حفاظت بیشتر تمام بدن ضروری است.

کارگران باید لباس محافظتی متناسب با میزان سرما و فعالیت بدنی به شرح زیر استفاده نمایند:

الف- اگر سرعت جریان هوا در محل کار توسط جریان باد، کوران و یا وسایل تهویه مصنوعی افزایش یابد، اثرات خنک‌کنندگی باد باید به‌وسیله نصب محافظ در محل کار و یا پوشیدن لباسهای بادگیر که به آسانی قابل تعویض است، تقلیل یابد.

ب- اگر در کارهای سبک احتمال خیس شدن لباس وجود دارد، بهتر است لایه بیرونی لباس مورد استفاده از نوع نفوذ ناپذیر در برابر آب[1] باشد. در چنین شرایطی با سنگین شدن کار، لایه خارجی لباس باید ضد آب[2] باشد. در صورتی که لباس بیرونی خیس شد، باید تعویض گردد. برای پیشگیری از خیس شدن لباس‌های زیرین در اثر تعریق، بایستی تدابیر لازم به منظور تهویه مناسب در لایه بیرونی لباس اتخاذ گردد. اگر قبل از ورود به محیط کار سرد لباس‌های زیرین در اثر تعریق خیس شود، باید آنها را تعویض کرده، جورابها و قسمتهای نمدی قابل تعویض داخل کفش باید به طور منظم تعویض شده و یا آنکه از پوتین مناسب (ضد عرق) استفاده گردد. دفعات تعویض باید به طور تجربی و عملی مشخص شود. در مورد هر فرد و به تناسب نوع کفشی که پوشیده و میزان تعریق پای هر فرد، دفعات تعویض متغیر خواهد بود.

ج- اگر محافظت قسمتهایی از بدن که با سرما در مواجهه است به قدری ممکن نباشد که مانع از احساس سرمای شدید شود و یا از بروز سرمازدگی پیشگیری کند، لباس و وسایل محافظتی باید در حالت گرم شده آن عرضه شود.

د- اگر لباس‌های موجود حفاظت مناسب را در برابر کاهش دمای بدن یا سرمازدگی فراهم ننماید، تا فراهم شدن لباس کافی و یا بهبود وضعیت هوا بایستی کار تعدیل و یا متوقف گردد.

ه- افرادی که در دمای کمتر از ۴ C° (۳۹/۲ °F) مایعات قابل تبخیر (بنزین، الکل و یا مواد پاک‌کننده و غیره) را جابجا می‌کنند، به جهت افزایش خطر بروز ضایعات ناشی از سرما که در نتیجه خاصیت خنک-کنندگی مواد تبخیر شونده حاصل می‌شود. باید احتیاطات لازم برای پرهیز از خیس شدن لباس یا دستکش با مایعات مذکور را به‌عمل آورند. به خصوص به اثرات حاد پاشیدن مایعات سرمازا[3] یا مایعاتی که نقطه جوش آنها مختصری بالاتر از درجه حرارت متعارف است باید توجه کافی بشود.

---

1 - Impermeable to Water

2 - Water Repellent

3 - Cryogenic Fluids

برنامه کار – استراحت توأم با گرم شدن بدن

جدول ۲۷ تعیین‌کننده مدت هر بار مواجهه در دوره کاری ۴ ساعته می‌باشد و در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه می‌باشد.

اگر کار در سرمای کمتر از $^{\circ}C$ ۷- ($^{\circ}F$ ۱۹/۴) و یا درجه حرارت معادل سرماباد آن به طور مداوم انجام می‌شود باید پناهگاه گرمی در مجاورت محل کار مهیا گردیده و افراد برای استفاده از آن در فواصل منظم ترغیب شوند. دفعات استفاده از پناهگاه تابع شدت سرمای محیط کار است. کار در دمای بین ۱+ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد باید حداکثر در دوره های ۷۵ دقیقه قطع گردد و کارگر به مدت ۱۵ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نماید. این حدود مجاز برای سرعت باد کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه (۱/۱ مایل بر ساعت) و لباس کار خشک تدوین شده است. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل در ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین‌تر خواهد بود. به طور مثال در صورتی که فرد در دمای ۱۵- درجه سانتیگراد و جریان هوای آرام به مدت حداکثر ۵۰ دقیقه مواجهه داشته است تکرار مواجهه وی در دوره ۴ ساعته در صورتی مجاز است که حداقل ۳۰ دقیقه در پناهگاه گرم استراحت نموده باشد. در صورتی که همین کارگر در دمای مذکور و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه مشغول بکار باشد مدت مواجهه مجاز وی یک مرحله پایین‌تر، یعنی ۳۰ دقیقه مداوم خواهد بود و تکرار مواجهه منوط به ۳۰ دقیقه استراحت در هر دوره می‌باشد.

اگر اطلاعات صحیحی برای تخمین یا اندازه‌گیری سرعت باد موجود نیست، پیشنهادات زیر به صورت راهنما بکار می‌رود:

- سرعت باد ۵ مایل در ساعت (۵ mph[1]) = حرکت آرام پرچم
- سرعت باد ۱۰ مایل در ساعت (۱۰ mph) = پرچم کاملاً باز شده است.
- سرعت باد ۱۵ مایل در ساعت (۱۵ mph)= صفحات روزنامه در هوا بلند شده‌اند.
- سرعت باد ۲۰ مایل در ساعت (۲۰ mph) = باد، بوران برف

در صورت بروز علایمی از قبیل لرز شدید، احساس سرما، خستگی مفرط، خواب آلودگی، تحریک پذیری و گیجی مراجعت فوری به پناهگاه ضروری می‌باشد. پس از ورود به پناهگاه باید لباس رو از تن خارج و بقیه لباس‌ها شل و آزاد گردند تا عرق تبخیر شود و یا لباس با یک لباس کار خشک تعویض گردد. برای جلوگیری از برگشت بکار کارگران با لباس مرطوب، ضروری است، چنددست لباس خشک به تعداد کافی در محل مزبور وجود داشته باشد. در محیط سرد کاهش آب یا مایعات بدن

1 - Miles Per Hour

بندرت رخ می‌دهد، اما ممکن است استعداد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما به جهت تغییرات قابل ملاحظه در جریان خون انتهای اندام‌ها افزایش یابد. برای تأمین کالری و حجم مایعات دریافتی بدن، مایعات گرم و شیرین در محل کار مهیا باشد. مصرف مایعات مدر (همانند چای) باید محدود شود. برای انجام کار در درجه سرمایی ۱۲°C- (۱۰/۴ °F) و یا کمتر از آن رعایت نکات زیر ضروری می‌باشد:

۱) فرد باید از نظر حفاظتی تحت نظارت دائم و کامل قرار گیرد.

۲) برای پیشگیری از تعریق زیاد و مرطوب شدن لباس‌های زیرین میزان کار نباید سنگین باشد، در صورت انجام کار سنگین باید امکان استراحت در پناهگاههای گرم و فرصت تعویض لباس‌های مرطوب با لباس‌های خشک فراهم گردد.

۳) در روزهای اولیه اشتغال و قبل از هماهنگ شدن فرد با رفتارهای مناسب در شرایط جوی سرد محیط کار نباید از شاغلین به طور تمام وقت استفاده کرد.

۴) باید حتی المقدور از لباس‌های سبک، کم حجم و مناسب استفاده گردد تا مانع کار راحت نشود.

۵) برنامه کار باید به گونه‌ای تنظیم شود که نشستن بی‌حرکت برای مدت طولانی به حداقل کاهش یابد. صندلی‌های با نشیمنگاه فلزی بدون عایق نبایستی استفاده کرد. کارگر باید در برابر جریان‌های شدید هوا به طور مناسب حفاظت شود.

۶) نکات ایمنی و بهداشت مربوطه باید به افراد آموزش داده شود. حداقل برنامه‌های آموزشی شامل دستورالعمل‌های زیراست:

الف ـ تمرینات استفاده از لباس‌های مخصوص

ب ـ عادات صحیح خوردن و آشامیدن

ج ـ شناسایی سرمازدگی قریب الوقوع

د ـ شناسایی نشانه‌ها و علائم بالینی کاهش دمای قریب الوقوع یا سرد شدن فزاینده بدن حتی وقتی که لرز ظاهر نشود.

ه ـ انجام کار بدون مخاطره

و- کمک های اولیه ضروری و درخواست امداد

جدول ۲۷- حدود مجاز مواجهه شغلی با سرما (برای یک دوره ۴ ساعته کار)

حداکثر مدت مداوم کار مجاز (دقیقه) *	بار کاری	دمای خشک هوا °C
**۷۵	کار سبک و متوسط	۱۰- تا ۱+
۵۰	کار سبک	۲۵- تا ۱۱-
۶۰	کار متوسط	
۳۰	کار سبک	۴۰- تا ۲۶-
۴۰	کار متوسط	
۲۰	کار سبک	***۵۰ - تا ۴۱-
۳۰	کار متوسط	

* این شرایط برای سرعت باد کمتر از ۰/۵ متر بر ثانیه (۱/۱ مایل بر ساعت) و لباس کار خشک تدوین شده است. در صورت لزوم تکرار مواجهه، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برابر با ۳۰ دقیقه می‌باشد. در شرایط سرعت باد بیشتر از این حد به ازای هر ۵ متر بر ثانیه (حدود ۱۱ مایل بر ساعت) حد مجاز مواجهه یک مرحله پایین تر خواهد بود.

** در محدوده دمایی ۱۰- تا ۱+ درجه سانتی گراد، مدت استراحت توأم با گرم شدن بدن برای تکرار مواجهه ۱۵ دقیقه می‌باشد.

*** در شرایط پایین‌تر از این مرحله کارهای غیر اضطراری باید متوقف شود. در موارد اضطراری مواجهه کوتاه مدت ۱۰ دقیقه ای برای یک بار مواجهه مجاز می‌باشد.

توصیه‌هایی برای محیط کار خاص

مقررات خاص برای سردخانه‌ها عبارتند از:

۱- در سردخانه سرعت جریان هوا باید تا آنجا که ممکن است به حداقل تقلیل داده شود، و نباید از یک متر در ثانیه (۲۰۰ FPM[1]) تجاوز کند، دسترسی به هدف فوق به وسیله دستگاه‌های توزیع هوا که به طرز خاصی طراحی شده‌اند امکان پذیر است.

۲- به افرادی که در مواجهه با جریان هوای موجود در سردخانه هستند می‌بایست لباس حفاظتی مخصوص بادگیر داده شود.

۳- در مواردی که کار در محیط سرد انجام می‌شود و فرد در مواجهه با مواد سمی و همچنین در معرض ارتعاش است باید احتیاط‌های ویژه مبذول گردد، از جمله ممکن است کاهش حد مجاز شغلی به یک مرحله پایین‌تر ضرورت یابد.

1 - Feet Per Minute

۴- لازم است چشم‌های افرادی که در فضای باز در هوای برفی و یا وقتی پهنه وسیعی از زمین پوشیده از یخ است کار می‌کنند، حفاظت گردند. عینک‌های ایمنی مخصوص برای حفاظت چشمها در مقابل نور فرا بنفش و یا درخشندگی خیره کننده برف و یخ که می‌تواند موجب خیرگی و ورم ملتحمه گردد، بکار گرفته شود. در مواردی که زمین پوشیده از برف است و بالقوه می‌تواند موجب آزارهای چشمی شود، پاکسازی محوطه کار از برف مزاحم توصیه می‌شود.

ضرورت های پایش محیط کار

وقتی دمای محیط کار کمتراز ۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰/۸ °F) است می‌بایست نسبت به نصب دستگاه مناسب برای اندازه‌گیری دمای محیط در محل کار اقدام نمود. با چنین تدبیری نگهداری وضعیت دمای محیط کار در راستای توصیه‌های حد مجاز شغلی میسر است.

هر زمان که دمای هوا در محل کار به کمتر از ۱- درجه سانتی‌گراد (۳۰/۲ °F) رسید، باید حداقل هر چهار ساعت یک بار اندازه‌گیری دما بوسیله دماسنج خشک انجام و ثبت گردد.

در محل کار سرپوشیده که سرعت جریان هوا بیشتر از ۲ متر در ثانیه (۵ مایل در ساعت) است حداقل هر چهار ساعت یک بار سرعت باد باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

در وضعیت کار در فضای باز، هر زمان که دمای هوا کمتر از ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲ °F) است، میزان دمای هوا و سرعت باد باید اندازه‌گیری و ثبت گردد.

در کلیه مواردی که اندازه‌گیری سرعت جریان هوا ضروری باشد، درجه سرمای معادل (ECT) با استفاده از جدول ۲۶ محاسبه و هرگاه سرمای معادل (ECT) کمتر از ۷- درجه سانتیگراد (۱۹/۴ °F) به دست آید این شاخص باید به همراه سایر اطلاعات ثبت گردد.

ملاحظات پزشکی

شاغلین بیمار و شاغلینی که تحت درمان با داروهایی هستند که در تنظیم درجه حرارت طبیعی بدن دخالت می‌کنند و یا میزان تحمل کار در سرما را کاهش می‌دهند، باید از کار در درجات ۱- درجه سانتیگراد (۳۰/۲°F) و کمتر معاف گردند. شاغلینی که معمولاً در درجات کمتر از ۲۴- درجه سانتیگراد (۱۱/۲ °F-) همراه با سرعت باد کمتر از پنج مایل در ساعت و یا هوای کمتر از ۱۸- درجه سانتیگراد (۰/۰°F) همراه با سرعت باد بیشتر از ۵ مایل در ساعت در مواجهه هستند، باید گواهی پزشکی دال بر مناسب بودن برای چنین مواجهه‌ای را داشته باشند. مصدومی که در دمای انجماد یا زیر صفر می‌ماند نیاز به توجه ویژه دارد، زیرا فرد مصدوم مستعد ابتلا به ضایعات ناشی از سرما است. پیش‌بینی‌های مخصوص

برای پیشگیری از بروز عوارض کاهش دما و انجماد نسوج آسیب‌دیده لازم است، مضافاً اینکه کمک-های اولیه درمانی باید به فوریت انجام گیرد.

منابع

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Index (BEI), ACGIH, Cincinnati, 2011.
ANSI S1.4-1983 (ASA 47). American National Standard Specification for Sound Level Meters. This Standard includes ANSI S1.4A-1985 Amendment to ANSI S1.4-1983(R2006).
ANSI S1. 11-1986 (ASA 65). American National Standard Specification for Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and Digital Filters (R1998).
ANSI S1.25-1991 (ASA 98). American National Standard Method for the Specification for Personal Noise Dosimeters.
ANSI S1.26-1978 (R 2007) (ASA 23). American National Standard Method for the Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere.
ANSI S3.6- 1996, American National Standards Institute: Specification for Audiometers. ANSI, New York.
ANSI- Z-136(2007), American National Standard for Safe Use of Lasers. ANSI, New York.
ANSI-S3.18-1979(R1999), American National Standards Institute: Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. ANSI, New York.
ANSI S3.29-1983(R2006), American National Standards Institute: Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration in Buildings. ANSI, New York.
ANSI S3.34-1986(R1997), American National Standards Institute: Guide for the Measurement and Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand. ANSI, New York.
ISO-5349-1986 (R2001), International Standards Organization: Guide for the Measurement and the Assessment of Human Exposure to Hand Transmitted Vibration. ISO, Geneva.
ISO-2631-1997(R2004), International Standards Organization: Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. ISO, Geneva.
IEC 804, International Electrotechnical Commission: Integrating-Averaging Sound Level Meters.IEC, New York (1985).
IEEE C95.3 (2002), IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz-300 GHz.
MIL-STD-1474 C, U.S. Department of Defense: Noise Limits for Military Materiel (Metric). USA, Washington, DC (1991).
SAE-J.1013 (1992), Society of Automotive Engineers. Measurement of Whole Body Vibration of the Seated Operator of Off Highway Work Machines. SAE, Warrendale, PA.
Jafari MJ, Karimi A, Haghshenas M, Extrapolation of Experimental Field Study to a National Occupational Noise Exposure Standard, *Inter. J of Occup. Hyg. IJOH* 2: 69-74, 2010.
Japan Society for Occupational Health, Recommendation of Occupational Exposure Limits (2010–2011), *J Occup Health,* 2010; 52: 308–324.
World Health Organization, Occupational Exposure to Noise-Evaluation, Prevention and Control, WHO, Geneva, 2011.
European Commission, Methodology for the Derivation of Occupational Exposure Limits, EC, 2009.
World Health Organization, Occupational and community noise, WHO, Geneva, 2006.

Occupational Safety and Health Administration, **OSHA Standards Development**, Salt Lake City, UT: U.S. Department of Labor. OSHA. 2010.
Occupational Safety and Health Administration, **Occupational noise exposure**: U.S. Department of Labor. OSHA. 2011.
IEEE Std C95.3™-2002 (R2008) , IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz.
American Conference of Governmental Industrial Hygienists, A Guide For Control of Laser Hazards, 4th Edition, , ACGIH, Cincinnati, 1990.

بخش چهارم

حدود مجاز در ارگونومی[1]

ارگونومی علمی است که به مطالعه و طراحی سطح مشترک[2] انسان- ماشین می‌پردازد تا از این طریق به پیشگیری از بیماری و آسیب و ارتقاء عملکرد شغلی کمک نماید. در ارگونومی تلاش می‌شود تا مشاغل و فعالیتها به گونه‌ای طراحی شوند که با توانایی‌های کارگر منطبق باشند.

بعضی از عوامل فیزیکی نقش مهمی در ارگونومی ایفا می‌کنند که نیرو و شتاب در حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL) ارتعاش دست- بازو و ارتعاش کل بدن مورد تأکید قرار گرفته است. همچنین عوامل حرارتی در حدود مجاز استرس حرارتی مورد اشاره قرار گرفته است. نیرو از عوامل مهم ایجادکننده آسیب ناشی از بلندکردن بار به شمار می رود. سایر عوامل ارگونومیک حائز اهمیت شامل زمان انجام کار، تکرار، استرسهای تماسی، پوسچر و عوامل روانی- اجتماعی هستند.

آسیبهای اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار (MSDs[3])

یکی از مهمترین مشکلات بهداشت شغلی، آسیبهای اسکلتی- عضلانی مرتبط با کار است که با بکارگیری برنامه‌های بهداشتی، ایمنی و ارگونومیکی می‌توان آن را مدیریت نمود. اصطلاح آسیبهای اسکلتی – عضلانی اینگونه تعریف می‌شود: هرگونه آسیب مزمن به عضلات، تاندونها و اعصاب که به علت کارهای تکراری، حرکات سریع، اعمال نیروی زیاد، پوسچر نامناسب حین کار، ارتعاش و یا سرما باشد.

سایر اصطلاحات که برای آسیب‌های اسکلتی – عضلانی مرتبط با کار بکار می‌روند عبارتند از: آسیبهای ترومای تجمعی (CTDs[4])، آسیب‌های ناشی از حرکات تکراری(RMIs[5]) و آسیب‌های ناشی از تنشهای تکراری (RSIs). برخی از این آسیب‌ها دارای علائم تشخیصی اختصاصی هستند مثل سندرم تونل کارپال یا تاندونیت. سایر آسیبهای اسکلتی- عضلانی ممکن است به صورت دردهای غیراختصاصی ظاهر شوند. برخی ناراحتی‌های موقتی و زودگذر، نتیجه طبیعی کار و غیر قابل اجتناب

1 - Ergonomics
2 - Interface
3 - Musculoskeletal Disorders
4 - Cumulative Trauma Disorders
5 - Repetitive Motion Illnesses

می‌باشند اما ناراحتی‌هایی که روز به روز بیشتر شده و با فعالیت‌های شغلی یا زندگی روزانه تداخل می‌کنند، نباید به عنوان نتیجه طبیعی کار در نظر گرفته شوند.

راهبردهای کنترل

با به‌کارگیری برنامه جامع ارگونومیکی به بهترین نحو می‌توان میزان بروز و شدت MSDs را کنترل نمود. اجزای اصلی این برنامه به شرح زیر می‌باشند:

- شناسایی مشکلات
- ارزیابی مشاغل مشکوک به داشتن ریسک فاکتور
- مشخص نمودن و ارزیابی عوامل به وجود آورنده
- مشارکت دادن کارگران به صورت آگاهانه
- مراقبتهای بهداشتی مناسب برای کارگرانی که دچار آسیبهای اسکلتی- عضلانی هستند

زمانی که علل MSDs شناسایی شد برنامه کنترل اجرایی باید به صورت جامع به مرحله اجرا درآید. این برنامه شامل سه بخش زیر می‌باشد:

- آموزش کارگران، سرپرستان، مهندسان و مدیران
- گزارش زودرس علائم بروز آسیب توسط کارگران
- نظام مراقبت مستمر و ارزیابی اطلاعات جمع‌آوری شده ازبیماریها و داده‌های بهداشتی و پزشکی

اقدامات کنترلی خاص هرشغل در ارتباط با نوع MSDs برنامه‌ریزی می‌شود. این اقدامات شامل کنترل‌های مهندسی و مدیریتی است. حفاظتهای فردی ممکن است در موارد خاص مناسب باشند. از میان روشهای کنترلی مهندسی به منظور کاهش یا محدود سازی ریسک فاکتورهای شغلی موارد زیر باید مد نظر قرار گیرند:

- به کارگیری روشهای مهندسی کار نظیر انجام مطالعه کار- زمان و آنالیز حرکت جهت حذف اعمال فشارهای بیش از حد و حرکات غیرضروری.
- بکارگیری لوازم مکانیکی کمکی جهت محدودنمودن یا کاهش اعمال نیروی لازم برای نگهداشتن ابزار و اشیاء مورد استفاده در حین کار.
- انتخاب یا طراحی ابزارهایی که میزان نیروی مورد نیاز و زمان در دست داشتن را کاهش دهد و باعث بهبود پوسچر شود.
- طراحی ایستگاههای کار قابل تنظیم به منظور کاهش فواصل دسترسی و بهبود پوسچر.
- اجرای برنامه‌های کنترل کیفیت و نگهداری تجهیزات به منظور کاهش میزان اعمال نیرو به ویژه در فعالیتهای غیر مفید.

کنترلهای مدیریتی ازطریق کاهش مدت زمان مواجهه و تقسیم مواجهه بین گروه بزرگتری از کارگران ریسک را کاهش می‌دهد. مثالها عبارتند از:

- اجرای استانداردهایی که به کارگران اجازه توقف یا ادامه کار را برحسب نیاز می‌دهد (حداقل یک بار در هر ساعت کاری)
- طراحی مجدد وظایف شغلی (به عنوان مثال استفاده از کارگران به صورت چرخشی یا توسعه وظایف شغلی به طوری که یک کارگر در کل طول یک شیفت کاری در یک شغل سخت مشغول بکار نباشد.

از آنجایی که آسیبهای اسکلتی- عضلانی ماهیتی پیچیده دارند برای همه آنها رویکرد واحدی به منظور کاهش شدت و بروز موارد ابتلا وجود ندارد. اصول کاربردی جهت انتخاب اقدامات به شرح زیر می باشد:

- کنترلهای مهندسی و مدیریتی مناسب در هر صنعت و شرکتی متفاوت می‌باشد.
- جهت انتخاب روشهای مناسب کنترلی نیاز به اظهار نظر متخصصین آگاه در این زمینه است.
- زمان مورد نیاز جهت بهبود علائم
- MSDs مرتبط با کار از چند هفته تا چند ماه متغیر است و تعیین اثر بخشی راهکارهای پیشگیری و کنترلی باید با در نظر گرفتن این امر صورت گیرد.

عوامل غیر شغلی

از طریق اجرای کنترلهای مهندسی و مدیریتی حذف تمام آسیبهای اسکلتی- عضلانی امکان‌پذیر نیست. در ابتلای فرد به آسیبهای اسکلتی- عضلانی عوامل فردی و سازمانی نیز دخالت دارند. برخی از مواردی که ممکن است با عوامل غیر شغلی مرتبط باشند، عبارتنداز :

- سن
- آرتریت روماتوئید
- جنس
- مشکلات غدد درون ریز
- چاقی
- ترومای حاد
- بارداری
- دیابت

- شرایط جسمانی
- سابقه آسیب
- فعالیتهای تفریحی در اوقات فراغت

حدود مجاز شغلی (OEL) پیشنهاد شده شاید نتواند افراد دارای این شرایط مواجهه را محافظت نماید اما بکارگیری روشهای کنترل مهندسی و مدیریتی موجب محدود کردن عوامل زیان‌آور ارگونومیکی برای افرادی می‌شود که زمینه ابتلا به این آسیبها را دارند و در نتیجه باعث کاهش ناتوانی می‌شود.

بلند کردن بار[1]

حدود مجاز پیشنهادی بلند کردن بار در این بخش برای انجام کارهایی است که کارگران به طور مکرر و روزهای متمادی با حمل بار مواجهه دارند، بدون اینکه در اثر انجام این کار دچار درد در ناحیه کمر، پشت و آسیب‌های شانه شوند. در همین راستا برخی ریسک فاکتورهای فردی و سازمانی وجود دارند که احتمال ایجاد درد در ناحیه پشت و آسیب‌های شانه را در شاغل افزایش می‌دهند.

این حدود مجاز، شامل سه جدول با محدوده وزنی برحسب کیلوگرم (kg) می‌باشند. برای کارهایی که به طور دستی فقط به شکل بلندکردن بارهای مشابه انجام می‌شود، بدن در هنگام انجام آن کار، ۳۰° (۳۰ درجه) نسبت به وضعیت طبیعی انحراف پیدا می‌کند.

در کار یکنواخت برداشتن بار، بارها مشابه بوده و نقاط شروع و پایان تکرار می‌شوند (با یک ریتم یکنواخت) و کارگر در طول روز فقط کار بلندکردن بار را انجام می‌دهد. سایر کارهایی که به صورت برداشتن و گذاشتن اجسام انجام می‌شوند مانند حمل‌کردن بار، هل‌دادن و کشیدن اجسام جزء این حدود مجاز نمی‌باشند. ضمناً این حدود مجاز تحت شرایط فوق الذکر باید مورد استفاده قرار گیرند.

حدود مجاز ذکر شده در جداول ۱ تا ۳ براساس دوره‌های زمانی برای کمتر یا بیشتر از ۲ ساعت در روز و تکرار (تعداد بلندکردن بار در ساعت) تعریف شده‌اند. در حضور هرکدام از فاکتورها یا شرایط کاری در هنگام بلندکردن بار به شرح زیر، به منظور کاهش محدوده وزن بار به زیر حد مجاز، حدود مجاز توصیه شده با نظر کارشناسی بایستی بکار گرفته شوند.

- بیشترین میزان تکرار بلندکردن بار: بیشتر از ۳۶۰ بار بلند کردن در ساعت.
- مدت زمان شیفت کاری: انجام فعالیت بلندکردن بار برای مدت زمان بیش از ۸ ساعت در روز.
- عدم تقارن زیاد: بلندکردن بار با زاویه بیش از ۳۰ درجه نسبت به صفحه تقارن.
- بلندکردن سریع بار و جابجایی چرخشی بار (برای مثال از جایی به جای دیگر ببریم).

1 - Lifting

- بلندکردن بار با یک دست.
- وضعیت بدنی در حین انجام کار که مستلزم اعمال نیرو توسط قسمت پایین بدن می‌باشد از قبیل بلندکردن بار در حالت نشسته یا زانو زده.
- گرما و رطوبت زیاد: با توجه به حدود مجاز تدوین شده در زمینه استرس و تنش گرمایی.
- بلندکردن اشیاء نامتعادل (به عنوان مثال مایعاتی با مرکز ثقل متغیر یا فقدان هماهنگی در تقسیم کار بلندکردن بار توسط چند نفر).
- چنگش ضعیف دست: به علت نبودن جای دست مناسب برای گرفتن بار و یا داشتن لبه‌های تیز یا نداشتن دیگر نقاط مناسب برای چنگش بار.
- عدم تعادل پاها به عنوان مثال، عدم توانایی جهت برقراری تعادل بدن به روی دو پا در زمان ایستادن.
- داشتن مواجهه با ارتعاش تمام بدن در حین بلندکردن بار یا بلند کردن بار بلافاصله بعد از مواجه با ارتعاش تمام بدن در حد مجاز یا بالاتر از آن (باتوجه به حدود مجاز متداول برای ارتعاش کل بدن).

دستورالعمل استفاده از جداول حدود مجاز بلند کردن بار

۱) مطالعه نمودن حدود مجاز مربوط به بلندکردن بار به منظور آشنایی با حدود مجاز آنها.

۲) طبقه بندی دوره‌های انجام کار، که این طبقه‌بندی می‌تواند جمعاً به صورت ۲ ساعت یا کمتر از ۲ ساعت و یا بیشتر از ۲ ساعت در طول روز باشد. یک دوره کاری عبارت است از مجموع مدت زمانی که یک کارگر در طول یک روز آن کار را انجام می‌دهد.

۳) مشخص نمودن تعداد دفعات بلندکردن بار، که عبارت است از تعداد دفعاتی که کارگر در طول یک ساعت عمل بلندکردن بار را انجام می‌دهد.

۴) استفاده از جدول حدود مجاز مربوطه که برای مدت زمان و تعداد دفعات بلندکردن بار مورد نظر تدوین شده است.

۵) مشخص‌نمودن نواحی عمودی (شکل ۱)، براساس موقعیت قرارگیری دست‌ها در هنگام بلندکردن بار.

۶) مشخص کردن نواحی افقی در هنگام بلندکردن بار (شکل ۱) به وسیله اندازه‌گیری فاصله افقی از نقطه میانی استخوان‌های قوزک پا تا نقطه میانی دو دست.

۷) تعیین‌نمودن حدود مجاز مربوط به وزن بار بلند شده برحسب کیلوگرم با استفاده از نواحی عمودی و افقی خانه‌های جدول و براساس بیشترین مدت زمان و فرکانس بلندکردن بار.

۸) کنترل بار در نقطه مقصد، چنانچه بار در نقطه مقصد به صورت کنترل شده جای‌گذاری می‌گردد (به صورت آهسته و یا با تأمل)، مراحل ۵ تا ۷ به جای شروع از ابتدا تکرار شود. حدود مجاز براساس مقدار پایین‌تر بین دو محدوده توصیه می‌گردد.

توضیحات علائم جداول ۱ تا ۳:

A: فاصله مابین قسمت میانی قسمت داخلی استخوان قوزک پا و بار.

B: جابجایی بار نبایستی در دسترسی افقی بیش از ۸۰ سانتیمتر از قسمت میانی بین‌بخش داخلی استخوان قوزک پا شروع و پایان یابد (شکل ۱).

C: جابجایی معمول بار نبایستی در ارتفاع ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه ها یا بالاتر از ۱۸۰ سانتیمتر از سطح کف شروع و پایان یابد (شکل۱).

D: جابجایی معمول بار نبایستی برای قسمتهای سایه دار جدول انجام شود. هنوز شواهدی برای تعیین حدود مجاز وزن بار این قسمت‌ها در دسترس نیست.

E: نشانه های اختصاصی آناتومیک برای ارتفاع بند انگشت برای شرایطی که کارگر در حالت ایستاده با بازوهای آویزان از بغل می باشد، فرض شده است.

جدول ۱: حدود مجاز بلند کردن بار

* برای حالات:

الف- کمتر یا مساوی ۲ ساعت کار در روز یا کمتر یا مساوی ۶۰ بار برداشتن در ساعت

ب- کمتر از ۲ ساعت کار در روز با ۱۲ بار برداشتن در ساعت

ناحیه عمودی	ناحیه افقی[A]		
	نزدیک: کمتر از ۳۰ سانتیمتر	متوسط: ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	گسترش یافته[B]: بیشتر از ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر
محدوده دسترسی مابین ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه و ۸ سانتیمتر پایین تر ارتفاع شانه[C]	۱۶کیلوگرم	۷ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]
از ارتفاع بند انگشت تا پایین شانه[E]	۳۲کیلوگرم	۱۶ کیلوگرم	۹ کیلوگرم
از ساق پا تا ارتفاع بند انگشت[E]	۱۸کیلوگرم	۱۴ کیلوگرم	۷ کیلوگرم
از سطح کف تا ارتفاع وسط ساق پا	۱۴کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]

جدول ۲: حدود مجاز بلندکردن بار

*برای حالات:

الف- بیشتر از ۲ ساعت کار در روز یا بیشتر از ۱۲ و کمتر یا مساوی ۳۰ بار برداشتن در ساعت

ب-کمتر یا مساوی ۲ ساعت کار در روز یا بیشتر از ۶۰ و کمتر یا مساوی ۳۶۰ بار برداشتن در ساعت

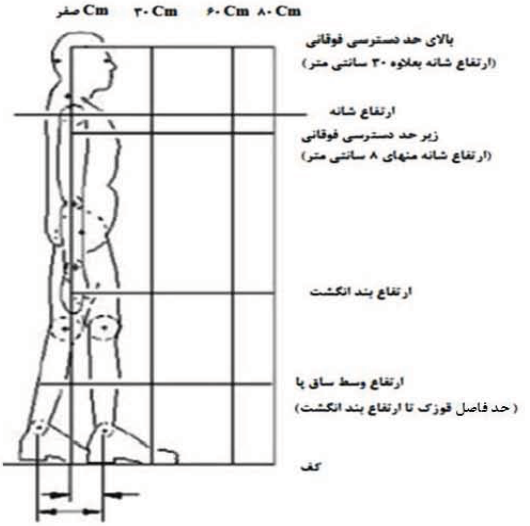
ناحیه عمودی	ناحیه افقی[A]		
	نزدیک: کمتر از ۳۰سانتیمتر	متوسط: ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	گسترش یافته[B]: بیشتر از ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر
محدوده دسترسی مابین ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه و ۸ سانتیمتر پایین تر ارتفاع شانه[C]	۱۴کیلوگرم	۵ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]
از ارتفاع بند انگشت تا پایین شانه[E]	۲۷کیلوگرم	۱۴ کیلوگرم	۷ کیلوگرم
از ساق پا تا ارتفاع بند انگشت[E]	۱۶کیلوگرم	۱۱ کیلوگرم	۵ کیلوگرم
از سطح کف تا ارتفاع وسط ساق پا	۹ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]

جدول۳: حدود مجاز بلند کردن بار

برای حالت بیشتر از ۲ ساعت کار در روز یا بیشتر از ۳۰ و کمتر یا مساوی ۳۶۰ بار برداشتن در ساعت

ناحیه عمودی	ناحیه افقی[A]		
	نزدیک: کمتر از ۳۰ سانتیمتر	متوسط: ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتر	گسترش یافته[B]: بیشتر از ۶۰ تا ۸۰ سانتیمتر
محدوده دسترسی مابین ۳۰ سانتیمتر بالاتر از سطح شانه و ۸ سانتیمتر پایین تر ارتفاع شانه[C]	۱۱ کیلوگرم	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]
از ارتفاع بند انگشت تا پایین شانه[E]	۱۴ کیلوگرم	۹ کیلوگرم	۵ کیلوگرم
از ساق پا تا ارتفاع بند انگشت[E]	۹ کیلوگرم	۷ کیلوگرم	۲ کیلوگرم
از سطح کف تا ارتفاع وسط ساق پا	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]	هیچ محدوده ایمنی برای برداشتن تکراری مشخص نشده است[D]

شکل ۱ - نمایش گرافیکی نواحی قائم بدن



منابع

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Index (BEI), ACGIH, Cincinnati, 2011.

وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی
معاونت بهداشت
مرکز سلامت محیط و کار

دانشگاه علوم پزشکی تهران
پژوهشکده محیط زیست

Occupational Exposure Limits
(OEL)