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

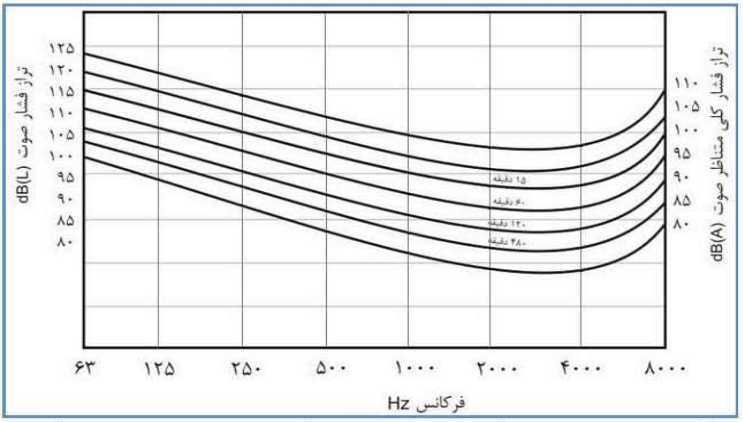
معمولاً برای ارزیابی تراز صدا در محیط کار در مقایسه با حدود مجاز شغلی، تراز کلی فشار صوت در شبکه وزنی A اندازه‌گیری می‌شود. ترازسنج صوت در شبکه A ، متناسب با درک شنوایی انسان از صدای واقعی محیط در ترازهای فشار صوت پایین بر مبنای منحنی‌های بلندی صوت عمل می‌کند. بر اساس تفسیر منحنی‌های بلندی صوت در تراز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



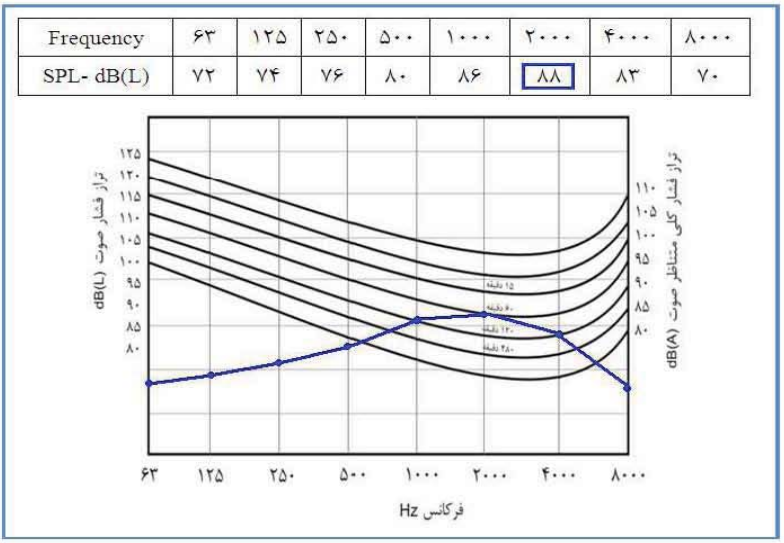
شکل ۱- منحنی‌های هم بلندی برآورد تراز معادل صوت در شبکه A متناسب با تجزیه فرکانسی در شبکه خطی

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:

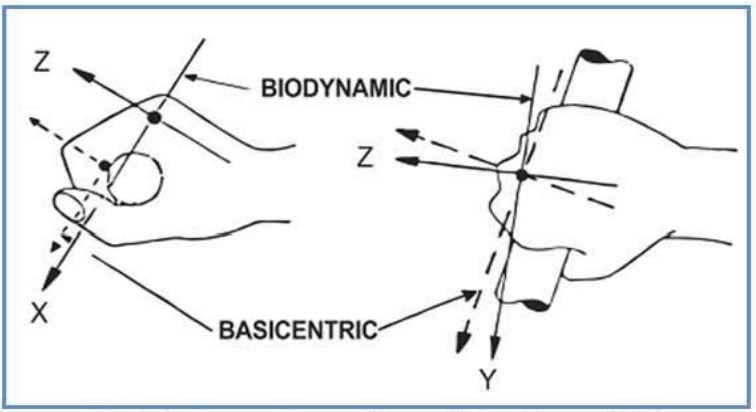
- میزان نیروی مصرفی برای چنگش و گرفتن دسته ابزار به حداقل برسد.
- بدن و دستها را گرم و خشک نگهدارند.
- از استعمال دخانیات پرهیز نمایند.
- تا حد امکان از ابزارها و دستکش‌های ضد ارتعاش استفاده نمایند. به طور کلی، دستکشها برای میرایی ارتعاش مربوط به فرکانس‌های بالا تأثیر بیشتری دارند.

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:

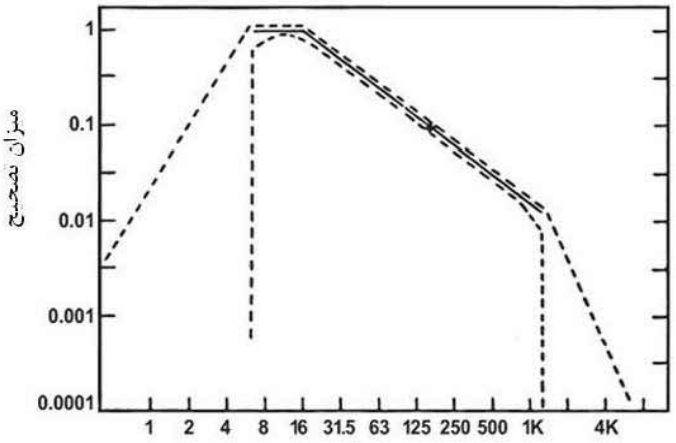
$$\left(a_{K_{eq}}\right)=\left[\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}\left(a_{K_i}\right)^2 T_i\right]^{\frac{1}{2}}=\sqrt{\left(a_{K_1}\right)^2 T_1/T+\ldots+\left(a_{K_n}\right)^2 T_n/T}$$

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

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)]

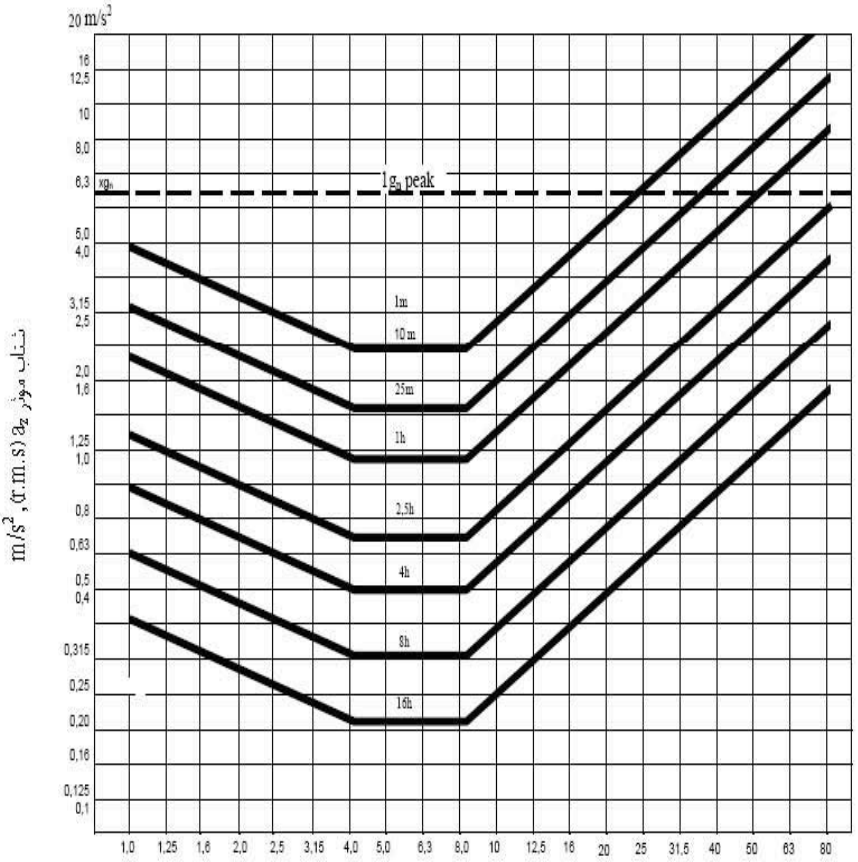
ضرایب وزنی		
ارتعاشات عرضی X,Y (شکل ۵)	ارتعاشات طولی Z (شکل ۴)	فرکانس HZ
۱	۰/۵۰	۱
۱	۰/۵۶	۱/۲۵
۱	۰/۶۳	۱/۶
۱	۰/۷۱	۲
۰/۸۰	۰/۸۰	۲/۵
۰/۶۳	۰/۹۰	۳/۱۵
۰/۵۰	۱	۴
۰/۴۰	۱	۵
۰/۳۱۵	۱	۶
۰/۲۵	۱	۸/۰
۰/۲۰	۰/۸۰	۱۰
۰/۱۶	۰/۶۳	۱۲/۵
۰/۱۲۵	۰/۵۰	۱۶
۰/۱۰	۰/۴۰	۲۰
۰/۰۸	۰/۳۱۵	۲۵/۰
۰/۰۶۳	۰/۲۵	۳۱/۵
۰/۰۵	۰/۲۰	۴۰
۰/۰۴	۰/۱۶	۵۰
۰/۰۳۱۵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

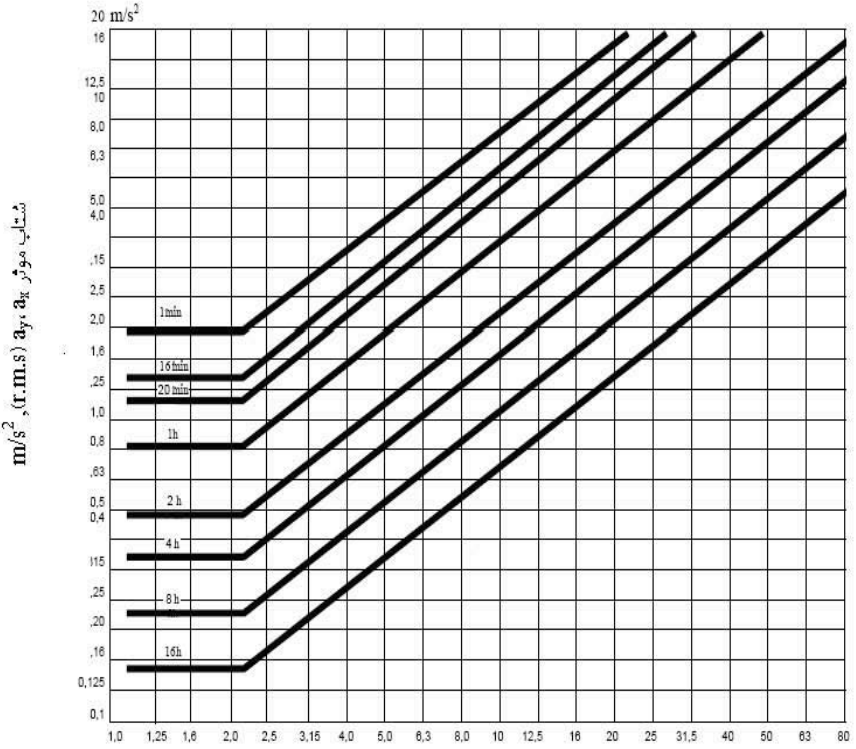
بر حسب فرکانس و زمان مواجهه [ISO 2631-1997(R2004)]



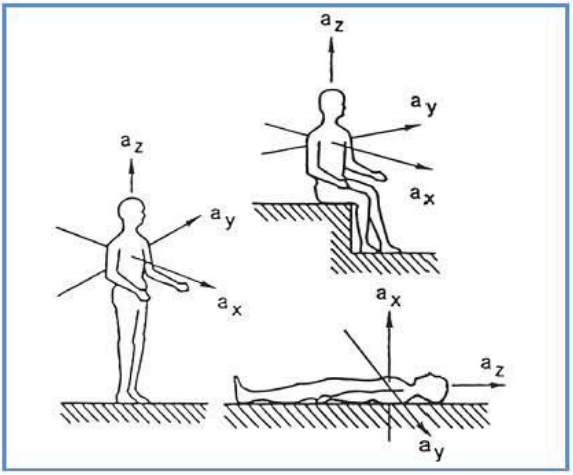
فرکانس یا فرکانس مرکزی پنج سوم اکتاوباند (هرتز)

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

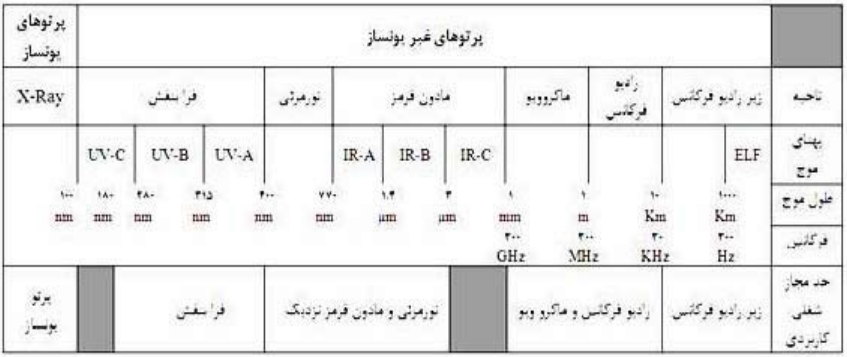
میدان ها و پرتوهای غیر یونساز

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

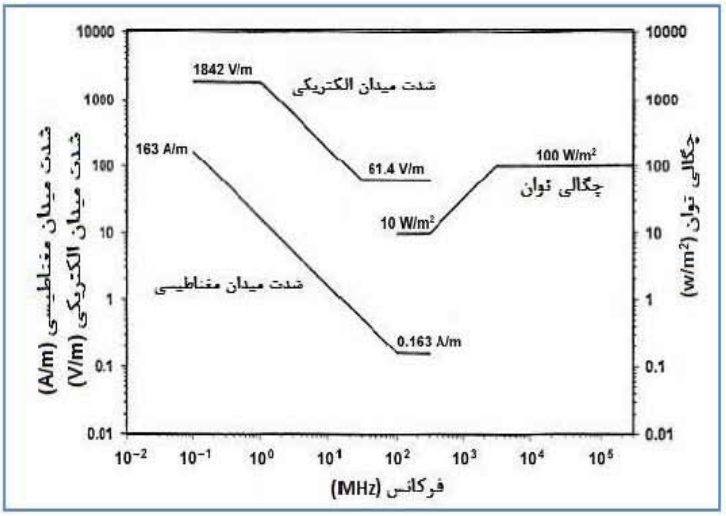
$$S = ۳۷۷H^2$$

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:

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