INSO
23030
1st. Edition
2022

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۳۰۳۰
چاپ اول
۱۴۰۰

دارای محتوای رنگی

خنک‌سازی شخصی برای بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی سیستم‌های خنک‌کاری هوا- راهنما

Personal cooling for thermal comfort improvement and energy consumption reduction of air conditioning systems- Guideline

ICS: 27.010;27.015

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« خنک‌سازی شخصی برای بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی سیستم‌های خنک‌کاری هوا-راهنما»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
مزیدی، محسن (دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک- دانشگاه آزاد اسلامی استان یزد
دبیر:	
شریف یزدی، امیر (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	مجری طرح پژوهش‌های خورشیدی- شرکت برق منطقه‌ای یزد
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
اعرابی، سید مهدی (دکتری مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی)	مشاور- شرکت بهسازان انرژی یزد
افضل، گلناز (دکتری تخصصی داروسازی بالینی)	استادیار دانشکده داروسازی- دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
اقتصادی، حمید (کارشناسی ارشد HSE)	کارشناس عوامل فیزیکی زیان‌آور محیط کار- وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی
اکبری سیار، محمد (کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی)	مدیرکل دفتر حمایت‌های فنی بهره‌وری انرژی و استانداردها- ساتبا
جهان محمدی، عاطفه (دکتری مهندسی عمران- سازه)	مدیر دفتر تدوین ضوابط و استانداردها- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شکیبا، مهرداد (دکتری تخصصی نفرولوژی)	استادیار دانشکده پزشکی- دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
صالحیان پیرمرد، عباس محمد (کارشناسی مهندسی مکانیک)	رئیس گروه استانداردها و بهره‌وری تجهیزات انرژی‌بر- ساتبا
عسکرفراشاه، محمد (دکتری تخصصی طب سنتی ایران)	عضو مستقل- پزشک طب سنتی
عمید، فرید (دکتری مهندسی عمران- محیط‌زیست)	مدیر آموزش- سازمان نظام مهندسی ساختمان استان یزد

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
فرمد، مجید (دکتری مهندسی برق قدرت)	مشاور مدیرعامل- شرکت مادر تخصصی توانیر
قیصری، ناهید (کارشناسی ارشد شیمی معدنی)	رئیس اداره تدوین استاندارد- اداره کل استاندارد استان یزد
منصوری، مهرداد (دکتری پزشکی عمومی)	مدیر طرح رجیستری- دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
میرجلیلی، سید جمال (کارشناسی ارشد مهندسی برق قدرت)	مشاور تدوین استاندارد- شرکت ابتکار انرژی ایساتیس
نوله‌دان، نوید (کارشناسی مهندسی مخابرات- میدان و امواج)	کارشناس تدوین استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران

ویراستار:	
ابویی مهریزی، ایرج (کارشناسی ارشد مهندسی برق)	معاون دفتر نظارت بر اجرای استاندارد معیارهای مصرف انـرژی و محیط زیست- سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	ز
مقدمه	ح
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ رویکردهای خنک‌سازی شخصی	۶
۴-۱ کلیات	۶
۴-۲ خنک‌سازی درونی	۶
۴-۲-۱ کنترل خوراک	۶
۴-۲-۲ جرعه جرعه نوشیدن آب	۱۰
۴-۲-۳ عادت به محیط	۱۱
۴-۲-۴ آرام‌سازی ذهن	۱۳
۴-۲-۵ تنفس عمیق	۱۴
۴-۳ خنک‌سازی بیرونی	۱۶
۴-۳-۱ کاهش سطح فعالیت	۱۶
۴-۳-۲ سبک‌سازی پوشش	۱۸
۴-۳-۳ سامانه خنک‌سازی شخصی	۲۰
۴-۳-۴ عوامل روانشناختی با کاربرد مشترک محیطی و شخصی	۲۲
۵ خودارزیابی خنک‌سازی شخصی	۲۳
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) سامانه خنک‌سازی شخصی- تماسی	۲۴
الف-۱ سامانه‌های فعال	۲۴
الف-۲ سامانه‌های غیرفعال	۲۵
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) خودارزیابی خنک‌سازی شخصی	۲۸
کتاب‌نامه	۳۰

پیش‌گفتار

استاندارد « خنک‌سازی شخصی برای بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی سیستم‌های خنک‌کاری هوا- راهنما » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یکصد و هفتادمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد انرژی مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۰۹ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

1- Calcagno M, et al, *The thermic effect of food: a review*, Journal of the American college of nutrition, 2019 Aug 18;38(6):547-51.

2- De Dear, R. and Brager, G.S., *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*, 1998.

3- Nikolopoulou M, Steemers K, *Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces*, Energy and Buildings, 2003 Jan 1;35(1):95-101.

4- Law, T., *The future of thermal comfort in an energy-constrained world*, Springer Science & Business Media, 2013.

5- Zhang H, Arens E, Zhai Y, *A review of the corrective power of personal comfort systems in non-neutral ambient environments*, Building and Environment, 2015 Sep 1;91:15-41.

6- Goromosov MS, World Health Organization, *The physiological basis of health standards for dwellings*, World Health Organization, 1968.

7- Hettiarachchi A, Emmanuel R., *Colour as a psychological agent to manipulate perceived indoor thermal environment for effective energy usage; cases implemented in Sri Lanka*, InPLEA 2017 Edinburgh, 2017.

8- Wang H, Liu L, *Experimental investigation about effect of emotion state on people's thermal comfort*, Energy and Buildings. 2020 Mar 15;211:109789.

9- Madzharov AV, Block LG, Morrin M, *The cool scent of power: effects of ambient scent on consumer preferences and choice behavior*, Journal of Marketing. 2015 Jan;79(1):83-96.

10- Schweiker M, et al, *Review of multi-domain approaches to indoor environmental perception and behaviour*, Building and Environment. 2020 Jun 1;176:106804.

مقدمه

تامین آسایش حرارتی به‌وسیله سیستم‌های خنک‌کاری هوا و با رویکرد تثبیت دما، راهکاری پرهزینه و پرمصرف است. این رویکرد، ازنظر ملی نیاز به سرمایه‌گذاری فزاینده سنگین و توسعه صنعت برق داشته و برای مصرف‌کنندگان نیز آسایش حرارتی کافی، فراهم نکرده است.

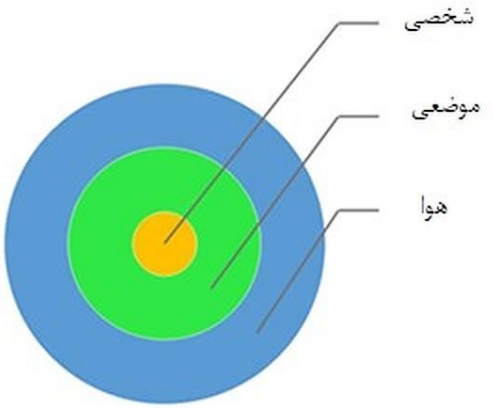
شکل ۱ سه پارادایم[1] خنک‌کاری هوا، موضعی و شخصی را نشان می‌دهد. سیستم‌های خنک‌کاری تبخیری و تراکمی از قبیل کولر آبی، کولرگازی و چیلر عمدتا بر پایه خنک‌کاری هوا هستند. با نگاهی اجمالی به مسئله خنک‌کاری و هدف خنک‌سازی افراد، رویکرد خنک‌سازی شخصی هم از نظر مصرف انرژی و هم از نظر تامین آسایش حرارتی، به مراتب به‌صرفه‌تر است؛ اقداماتی از قبیل توجه به مقدار، نوع و فواصل زمانی تغذیه، نوشیدن جرعه جرعه آب، انتشار متناوب رایحه‌های خنک، مدیریت نورپردازی و رنگ، نوع پوشش و همچنین بهره‌گیری از ابزاری مانند مچبند، گردنی خنک‌کننده و فن رومیزی، آرام‌سازی ذهن و توجه به ویژگی‌های روانشناختی و فیزیولوژیک بدن؛ می‌تواند توان استقامت افراد و مطلوبیت شرایط حرارتی را افزایش دهد.

به‌عنوان نمونه گزارش‌های علمی، تغییر رویکردهای تغذیه در شرایط گرم را نشان داده‌اند:

- افزایش مصرف سبزی، میوه و نوشیدنی و کاهش مصرف حبوبات، شیرینی، گوشت و تخم مرغ در تابستان با بررسی رفتار بیش از ۳۵ هزار خانوار آمریکایی؛

- کاهش حدود ٪ ۲۵ تا ٪ ۴۰ غذای مصرفی سربازان در محیط گرم نسبت به محیط خنک؛

- گرایش سربازان اروپایی به مواد غذایی خنک مانند سالاد در کشورهای حاشیه خلیج فارس.



شکل ۱- وضعیت نسبی سه پارادایم خنک‌کاری از نظر مصرف انرژی

این استاندارد روش‌های خنک‌سازی شخصی برای بهبود و تامین آسایش حرارتی فردی و کاهش نیاز به سیستم‌های سرمایش هوا را ارائه می‌دهد.

1-Paradigm

خنک‌سازی شخصی برای بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی سیستم‌های خنک‌کاری هوا- راهنما

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه راهنمای خنک‌سازی شخصی برای تحقق موارد زیر است:

۱- افزایش رفاه: بهبود آسایش حرارتی ساکنین با توجه به تفاوت‌های فردی؛

۲- کاهش مصرف انرژی: ارائه راهکارهای کاهش گرمای درونی بدن یا خنک‌سازی مستقیم بدن بجای خنک‌کاری کل هوا بدون مصرف انرژی یا مصرف انرژی کم؛

۳- ارتقا بهداشت تنفسی: کاهش نیاز به روش‌های خنک‌کاری مبتنی بر حبس هوا در فضای بسته (کاهش انتشار بیماری‌های واگیردار تنفسی).

روش‌های معرفی شده در این استاندارد برای افراد بزرگسال سالم در شرایط عادی و کار سبک در داخل ساختمان کاربرد دارد. همچنین برای افراد با نیاز خنک‌سازی بیشتر، مانند برخی افراد درشت اندام یا برخی بیماران خاص، به‌عنوان روش‌های مکمل یا مضاعف، کاربرد دارد.

هنگام ورزش یا فعالیت سنگین، انرژی تولیدشده ماهیچه‌های فعال حدود صد برابر ماهیچه‌های غیرفعال می‌شود؛ از این‌رو شرایط آسایش حرارتی حین فعالیت‌های سنگین در دامنه کاربرد این استاندارد نیست.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

– استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۳۸۴: سال ۱۳۹۰، تعیین شاخص های آسایش حرارتی PMV, PPD و معیارهای آسایش حرارتی.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳-۱

اثر حرارتی غذا

TEF

thermic effect of food

افزایش سوخت و ساز بدن، ناشی از هضم و جذب غذا.

یادآوری- اثر حرارتی غذا در افراد مختلف، تفاوت دارد و بر حسب واحد انرژی بر زمان (kJ/hr) توصیف می‌شود.

۳-۲

غذای فرآوری شده

processed food

غذایی که برای پخت، نگهداری، بهبود طعم یا ظاهر آن، از فرایند شیمیایی یا صنعتی استفاده می‌شود.

یادآوری- غذاهای فرآوری شده اغلب سرشار از نمک و شکر هستند.

۳-۳

سازگاری

adaptation

کاهش تدریجی پاسخ ارگان‌های بدن به شرایط محیطی مکرر بوسیله انطباق رفتاری، عادت به محیط و سازگاری با اقلیم.

۳-۴

انطباق رفتاری

behavioral adjustment

تغییراتی که فرد آگاهانه یا ناخودآگاه برای حفظ تعادل گرمایی بدن انجام می‌دهد؛ مانند تغییر خوراک، پوشاک، مکان، تنظیمات سامانه‌های خنک‌کاری و کاهش سطح فعالیت.

۳-۵

عادت (به محیط)

habituation

کاهش شدت برانگیختگی احساس حرارتی و سطح انتظار از دمای محیط به سمت رضایت حرارتی.

۶-۳

سازگاری با اقلیم

acclimatization

تغییرات سیستم کنترل دمای بدن طی چند روز تا چند هفته در پاسخ به ترکیب شرایط حرارتی و نیز تغییرات ژنتیکی بدن در طول عمر.

۷-۳

آسایش حرارتی

thermal comfort

رضایت ذهنی افراد از شرایط حرارتی محیط که با ارزیابی ذهنی به‌دست می‌آید.

۸-۳

احساس حرارتی

thermal sensation

درک حرارتی آگاهانه از محیط که بر اساس واژه‌های «خیلی سرد»، «سرد»، «کمی سرد»، «خنثی»، «کمی گرم»، «گرم» و «خیلی گرم» توصیف می‌شود.

۹-۳

نرخ سوخت و ساز

met

metabolic rate

میزان تبدیل انرژی شیمیایی به گرما و کار فیزیکی فرد به‌ازای واحد مساحت سطح پوست؛

یادآوری- نرخ سوخت و ساز فرد معمولی در شرایط نشسته و در حال استراحت برابر ۵۸٫۲ W/m^2 یا ۱ met (۱۸٫۴ $Btu/h.ft^2$) است.

۱۰-۳

تن‌پوش

garment

یک بخش از پوشش کامل لباس، که قسمتی مشخصی از بدن را پوشش می‌دهد.

۱۱-۳

کلو

clo

واحد سنجش مقاومت حرارتی تن‌پوش و لباس؛ ۱ clo = $m^2.°C/W$

۱۲-۳

عایق لباس

clothing insulation

مقاومت لباس در برابر انتقال گرمای محسوس از بدن که برحسب clo بیان می‌شود. توصیف عایق لباس برای انتقال گرمای کل بدن است، بنابراین بخش‌های بدون پوشش مانند سر و دست‌ها را نیز شامل می‌شود.

۱۳-۳

عایق تن‌پوش

garment insulation

افزایش مقاومت در برابر انتقال گرمای محسوس از بدن پس از اضافه شدن یک تن‌پوش به بدن برهنه که برحسب clo بیان می‌شود.

۱۴-۳

سامانه تامین آسایش حرارتی شخصی

PCS

personal comfort system

ابزار تحت کنترل ساکنین برای سرمایش/گرمایش مستقیم شخص یا سرمایش/گرمایش مستقیم محیط حرارتی یک شخص ساکن، بدون تاثیرگذاری بر محیط حرارتی دیگر ساکنین.

یادآوری- منظور از PCS در این استاندارد سامانه خنک‌سازی شخصی است.

۱۵-۳

توان بهبود دمای حسی (درجه خنک‌سازی)

CP

corrective power

اختلاف دمای عملکردی در دو حالت با و بدون سامانه تامین آسایش حرارتی شخصی (با ثابت نگه داشتن سایر عوامل) که احساس حرارتی یکسان است.

یادآوری- مقدار شاخص، بیانگر قابلیت تامین آسایش حرارتی سامانه‌های شخصی (PCS) برحسب «°C» است که شرایط حرارتی را به سمت آسایش حرارتی سوق می‌دهد. علامت این شاخص برای سامانه‌های گرم‌کننده مثبت و برای سامانه‌های خنک‌کننده منفی است.

۱۶-۳

محیط شخصی

personal environment

محیط حرارتی که مستقیما در اطراف یک فرد ساکن وجود دارد.

۱۷-۳

خنک‌سازی شخصی

personal cooling

روش‌های خنک‌سازی بدن برای تعدیل گرمای داخلی، تسهیل دفع گرما و تعدیل احساس دمایی.

۱۸-۳

خنک‌سازی درونی

خنک‌سازی بدن از داخل که معمولا بدون هزینه و کاملا از جنس دانش است و مانند کنترل خوراک و نوشیدن آب، نیاز به ابزار یا تغییرات بیرونی خاصی ندارد.

۱۹-۳

خنک‌سازی بیرونی

خنک‌سازی بدن از بیرون سطح پوست با کنترل عوامل فردی موثر بر آسایش حرارتی مانند تن‌پوشش که می‌تواند نیاز به ابزار و هزینه داشته باشد.

۲۰-۳

دمای عملکردی

operative temperature

دمای یکنواخت یک محیط بسته سیاه فرضی که در آن تبادلات حرارتی شخص با محیط از طریق تابش و همرفت با تبادلات حرارتی وی در محیط غیریکنواخت واقعی برابر باشد. از نظر عملیاتی به میانگین دمای تابشی و دمای هوا، اطلاق می‌شود.

۲۱-۳

میانگین سرعت هوا

average air speed

میانگین سرعت هوای اطراف فرد در وضعیت بدون حرکت که نسبت به زمان و مکان تعیین می‌شود. میانگین سرعت هوا نسبت به مکان، میانگین عددی از سرعت هوا در اطراف مچ‌پا، کمر و سر است که ارتفاع آن‌ها برای فرد نشسته به ترتیب ۰٫۱ m، ۰٫۶ m و ۱٫۱ m و برای فرد ایستاده ۰٫۱ m، ۱٫۱ m و ۱٫۷ m است.

میانگین زمانی در یک دوره زمانی حداقل یک و حداکثر سه دقیقه محاسبه می‌شود. تغییرات سرعت هـوا در مدت بیش از min ۳، به‌صورت شرایط مجزا لحاظ می‌شود.

۲۲-۳

میانگین دمای تابشی (دمای تابشی)

radiant temperature average

میانگین دمای سطوح داخل ساختمان که نسبت به ضرایب دیـد[1] سـاکنین وزن‌دار می‌شـود (بـه پیوسـت خ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۳۸۴ مراجعه شود).

یادآوری- تبادلات حرارتی افراد با محیط عمدتا از طریق تابش می‌باشد و از این رو تفاوت دمای سطوح تاثیر مهمی در آسایش حرارتی دارد. برای ساده‌سازی این دمای میانگین لحاظ می‌شود.

۴ رویکردهای خنک‌سازی شخصی

۴-۱ کلیات

خنک‌سازی شخصی می‌تواند به‌صورت منفرد یا مکمل با سایر تکنیک‌هـای خنک‌کـاری بـه‌کار گرفتـه شـود. رویکردهای خنک‌سازی شخصی به دو دسته خنک‌سازی درونـی و بیرونـی تقسـیم می‌شـوند. پوسـت بـدن، به‌عنوان مرز برای تقسیم‌بندی درونی و بیرونی، درنظر گرفته شده است.

کنترل خوراک، نوشیدن آب، عادت به محیط، آرام‌سازی ذهن و تـنفس عمیـق از رویکـردهـای خنک‌سـازی شخصی درونی و کاهش سطح فعالیت، سبک‌سازی پوشش، سامانه‌های خنک‌سازی شخصی (تماسی و فن) و کنترل عوامل روانشناختی محیط، از رویکردهای خنک‌سازی شخصی بیرونی هستند.

۴-۲ خنک‌سازی درونی

۴-۲-۱ کنترل خوراک

کاهش اثر حرارتی غذا، گرمایش و احساس نارضایتی حرارتی را کم می‌کند. کاهش اشتها، واکنش طبیعـی و ناخودآگاه بدن، برای کاهش مصرف غذا و اثر حرارتی آن در شرایط گرم است. کنترل آگاهانه خوراک و توجه به اثر حرارتی انواع غذا، شرایط مطلوب‌تری را نیز فراهم می‌کند.

۴-۲-۱-۱ کاهش اشتهای طبیعی در محیط گرم

از آنجا که خوراک بیشترین سهم را در حفظ دمـای بـدن دارد، سیسـتم فیزیولوژیـک تنظـیم حـرارت بـدن متناسب با شرایط حرارتی از طریق تغییر اشتهای طبیعی، این موضـوع را کنتـرل و از گـرم‌شـدن اضـافی در

1- View factors

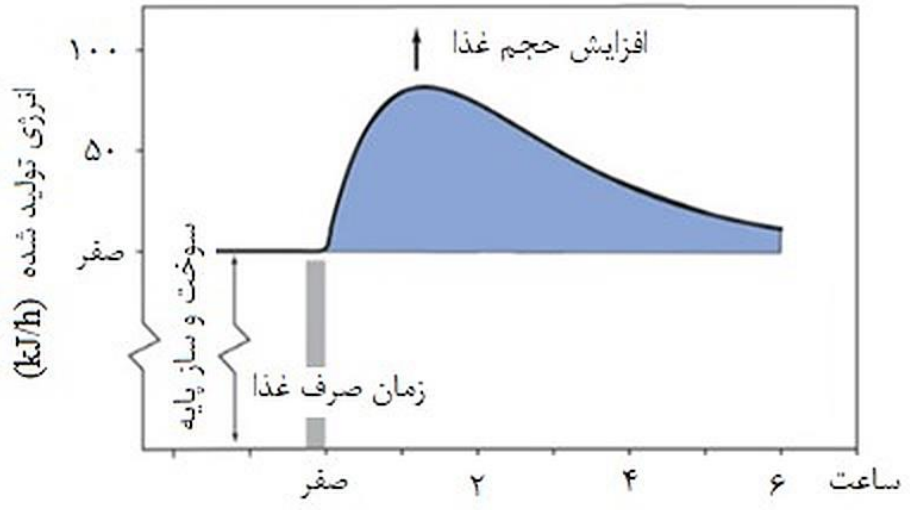
تابستان جلوگیری می‌کند. دستگاه بدن با قرارگیری کوتاه مدت و بلند مدت در معرض گرما، کاهش اشـتها، تغییر اولویت و رفتارهای غذایی را نمایان می‌سازد.

علاوه بر تغییرات فیزیولوژیکی بدن، گرما نوعی استرس روانی هم به‌وجود می‌آورد. استرس با تاثیرگـذاری بـر اشتها و احساس گرسنگی موجب تغییر خوراک می‌شود. اما تغییر اشتها در افراد سازگار با محیط گرم کمتـر خواهد بود.

نکته دانشی کاهش اشتهای طبیعی: مصداق کاهش اشتهای طبیعـی: مقـدار خـوراک روزانـه مـوش‌هـای صحرایی، از ۲۰ g در دمای ۲۴ °C به ۲ g در دمای ۳۵ °C کاهش یافته و به‌دلیل استرس حرارتی در دمای ۴۰ °C غذاخوردن آن‌ها متوقف می‌شود.

۲-۱-۲-۴ عوامل موثر بر اثرحرارتی غذا

۱- حجم خوراک: هرچه حجم خوراک بیشتر باشد، اثر حرارتی و احساس گرما بیشتر می‌شود. مطابق شکل۲ اوج گرمای ناشی از مصرف غذا با حجم غذا تغییر می‌کند.

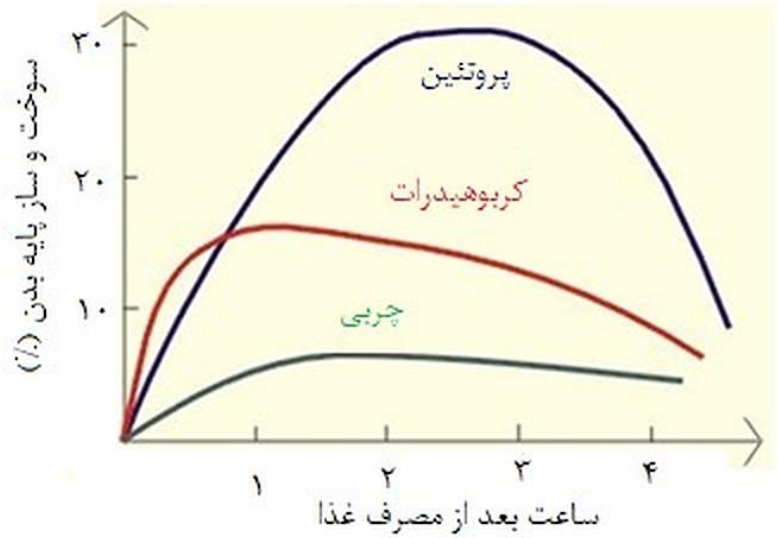


شکل ۲- افزایش حداکثر گرمایش بدن با افزایش حجم غذا

۲- انرژی وعده غذایی[1]: وعده‌های غذایی با انرژی زیاد، اثر حرارتی بیشتری دارند. اثر حرارتی غذا تقریبا ٪ ۵ تا ٪ ۲۰ انرژی ماده غذایی است که در مدت هضم، جذب و ذخیره وعده غذایی آزاد می‌شود.

۳- نوع و ترکیب وعده غذایی[1]: ترکیبات درشت مغذی[2] اثر حرارتی متفـاوتی دارنـد. بیشـترین اثـر حرارتـی، توسط پروتئین‌ها (مانند گوشت) و پس از آن به‌وسـیله کربوهیـدرات‌هـا (ماننـد نـان و بـرنج) آزاد می‌شـود. کمترین اثر حرارتی مربوط به چربی‌ها[3] می‌باشد.

1- Energy content of meal



شکل ۳- اثر حرارتی متفاوت درشت‌مغذی‌ها

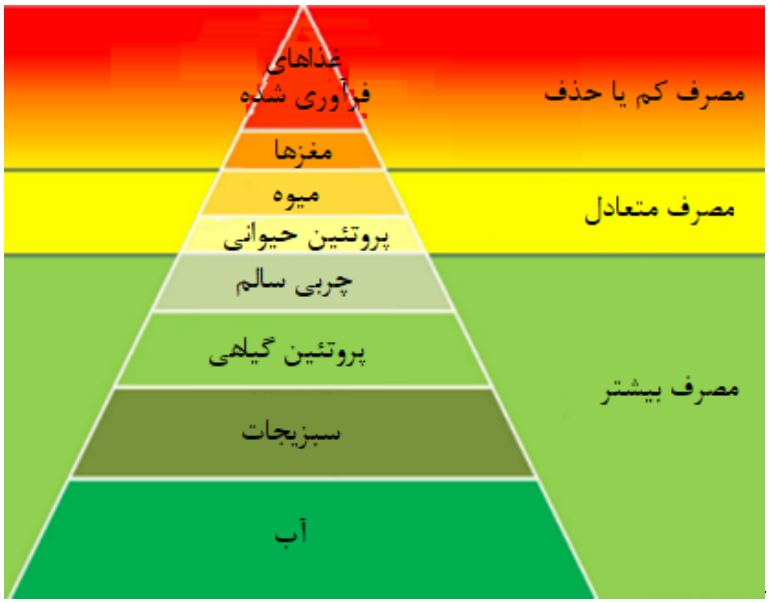
نکته دانشی کاهش مصرف پروتئین در هوای گرم: موش‌های صحرایی در گرمای شدید از مصرف پروتئین خودداری می‌کنند و چربی‌ها منبع انرژی ترجیحی آن‌ها در شرایط استرس حرارتی است.

نکته دانشی افزایش دمای پوست با مصرف پروتئین: افزایش ۲ °C در دمای پوست بزرگسالان ۱۰ min بعد از صرف غذا با درصد گوشت/پروتئین زیاد

۴- اثرحرارتی محسوس غذای فرآوری شده نسبت به خوراک غیرفرآوری شده[۴]: غذاهای فرآوری شده اثرحرارتی بیشتری به همراه دارند. شکل ۴ رده‌بندی مواد غذایی از نظر گرمایش بدن را نشان می‌دهد. غذاهای فرآوری شده با بیشترین تولید گرما (رنگ قرمز) در رأس هرم قرار دارند. با هدف خنک‌سازی بدن، کاهش مصرف آن‌ها و افزایش مصرف موارد نزدیک به قاعده هرم توصیه می‌شود.

همزمانی مصرف چند ماده غذایی گرمازا مانند گوشت‌قرمز و ادویه، می‌تواند تاثیر مضاعف بر احساس گرما داشته باشد.

2- Meal composition
3- Macronutrient
4- Fat
1- Processed versus unprocessed foods



شکل ۴- رده‌بندی تاثیر گرمایش و خنک‌سازی مواد غذایی

۵- زمان‌بندی غذا خوردن:

- دفعات/تواتر[1]: اثر حرارتی یک وعده سنگین نسبت به سه وعده سبک حدود ٪ ۳۰ بیشتر است.

- نظم[2]: برنامه‌ریزی منظم غذایی، اثر حرارتی کمتری نسبت به وعده‌های غذایی نامنظم دارد.

۶- سرعت غذا خوردن: افزایش سرعت غذا خوردن موجب مصرف بیشتر غذا می‌شود.

۷- دمای غذا: دمای خیلی زیاد یا خیلی کم مواد غذایی موجب افزایش اثرحرارتی می‌شود. بازه دمایی ۲۰°C تا ۳۰ °C مناسب‌ترین دما برای تشخیص مزه واقعی است و غذای گرم‌تر یا سردتر از این حد با تحریک چشایی، می‌تواند لذیذتر تلقی شده و موجب مصرف بیشتر غذا نیز شود.

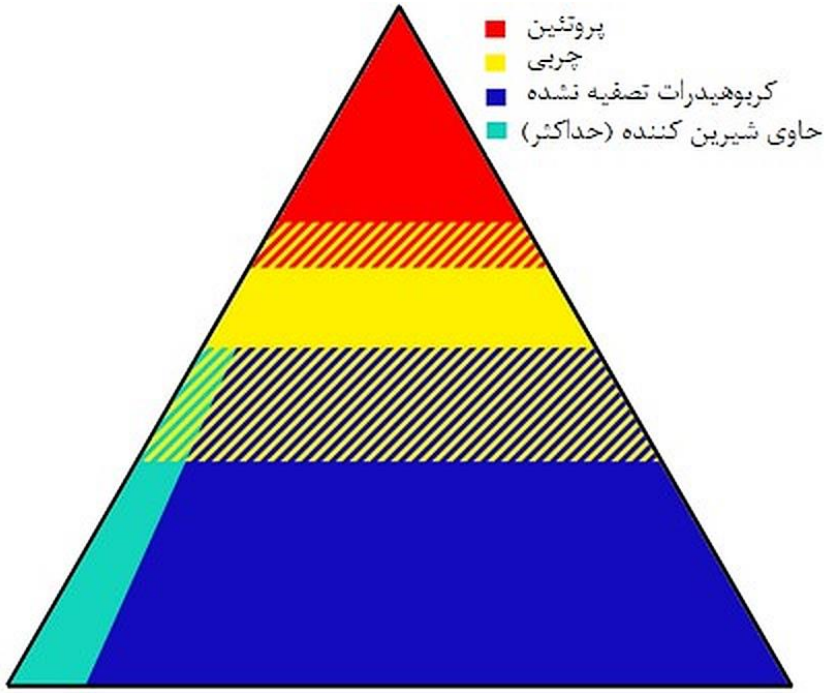
نکته دانشی تاثیر فعالیت سنگین در هوای گرم: در شرایط فعالیت سنگین با افزایش تعریق، به‌سدیم اضافی و دیگر الکترولیت‌ها مانند پتاسیم و منیزیم، نیاز است؛ نیازهای پروتئینی کمی افزایش می‌یابد؛ اما نیازهای ویتامینی تغییر چندانی نمی‌کنند. افزایش مصرف ویتامین «C» می‌تواند تاحدی موجب کاهش استرس حرارتی شود.

۴-۲-۱-۳ هرم توصیه غذایی سازمان بهداشت جهانی

شکل ۵ توصیه سازمان بهداشت جهانی درباره نسبت مصرف درشت مغذی‌های تامین‌کننده انرژی برای پیشگیری از تغذیه نامناسب، چاقی و بیماری‌های مزمن مرتبط با رژیم غذایی را نشان می‌دهد. مصرف کمتر

1- Meal frequency
2- Regularity

پروتئین‌ها علاوه بر کاهش تولید گرما، باعث آسیب کمتر به سلامت بدن نیز می‌شود. همچنین مصرف شیرین کننده‌ها[1] (تمام مونوساکاریدها[2] و دی‌ساکاریدهای[3] اضافه شده بـه غـذا در کارخانـه و توسـط مصـرف‌کننده به‌علاوه شکر طبیعی موجود در عسل، آب‌میوه‌ها و ...) به دلیل انرژی زیاد، بدون مواد مغذی خاص، به عنـوان یک عامل اضافه وزن محدود شده‌اند.



شکل ۵- هرم توصیه مواد غذایی-WHO

۲-۲-۴ جرعه جرعه نوشیدن آب

کاهش سطح آب بدن و خون (کاهش حجم خون) منجر به کاهش نرخ تعریق و گردش خون در سطح پوست و درنتیجه کاهش دفع گرما می‌شود. علاوه بر کاهش گردش خون، کم‌آبی می‌تواند در افزایش ضربان قلـب و حتی حمله قلبی، نقش داشته باشد.

نوشیدنی خنک[4] (و نه خیلی سرد) ضمن تامین تعادل مایعات بدن، باعث فـروکش گرمـای درونـی می‌شـود. همچنین نوشیدنی خنک، نقاط حساس به دما[5] در دهان را تحریک و سپس بخش‌هایی از مغز را برای القـای احساس خنکی فعال می‌کند.

1- Free sugars
2- Monosaccharides
3- Disaccharides
4- Cold/icy
5- Oral temperature–sensitive regions

یادآوری- تقریبا ٪ ۷۰ وزن بزرگسالان از آب تشکیل شده است. هنگامی که فقط یک درصد وزن بدن، آب از دست برود، بدن دچار کمبود آب[1] می‌شود و با کاهش ٪ ۱۰ جان افراد به خطر می‌افتد. بدن انسان نمی‌تواند به کمبود آب بدن عادت کند و آب ازدست رفته باید جبران شود.

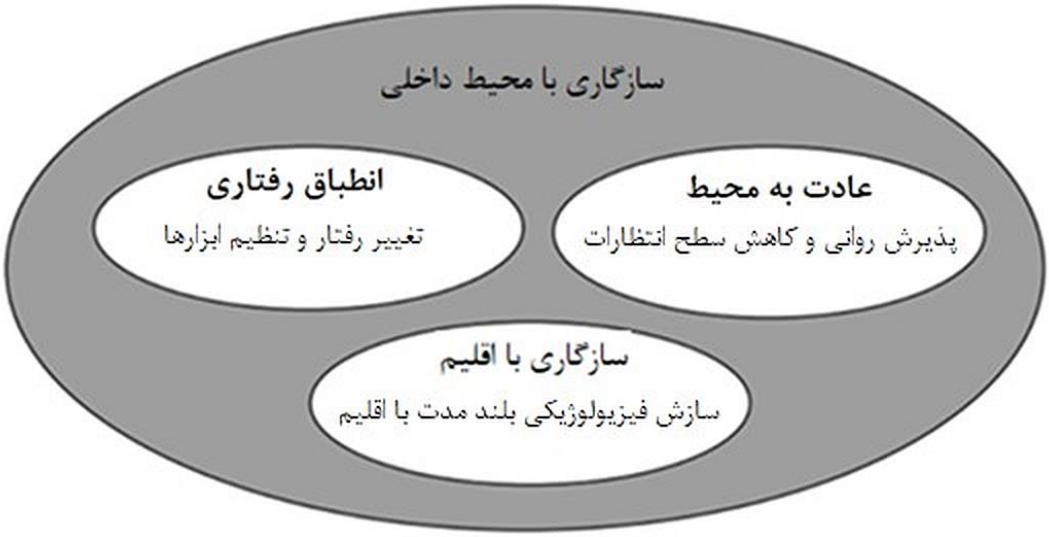
توصیه‌های نوشیدن آب

- نوشیدن آب کم با دفعات بیشتر به‌جای مصرف آب زیاد با دفعات کم (نوشیدن جرعه جرعه، آهسته، با چند نفس، یا با فواصل حدود min ۱۵)

- کاهش مصرف چای، قهوه و نوشیدنی‌های گازدار (با توجه به تاثیر بر دفع بیشتر آب بدن و افزایش نرخ سوخت و ساز، این نوشیدنی‌ها جایگزین آب نیستند)

۳-۲-۴ عادت به محیط

عدم احساس سرما یا گرما، انطباق با دمای هوای محیط را نشان می‌دهد؛ انطباق یا سازگاری با محیط نیاز به سرمایش و گرمایش مصنوعی را کاهش می‌دهد. شکل ۶ مفهوم «سازگاری» حرارتی انسان[2] یا انطباق با محیط در سه وجه انطباق رفتاری[3]، فیزیولوژیکی[4] و روانشناختی[5] را نشان می‌دهد.



شکل ۶- سه وجه مفهومی سازگاری با شرایط حرارتی محیط داخلی

۱- انطباق رفتاری: شامل تغییراتی که فرد آگاهانه یا غیرارادی برای تعادل گرمایی بدن انجام می‌دهد؛ مانند تغییر خوراک و پوشاک، کاهش سطح فعالیت، تغییر مکان و تغییر تنظیمات سامانه‌های خنک‌کاری.

1- Dehydration
2- Human thermal adaptation
3- Behavioral
4- Physiological
5- Psychological

۲- فیزیولوژیکی (سازگاری با اقلیم): تغییر در پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن پس از قرارگرفتن در محیط حرارتی است که منجر به کاهش تدریجی شدت پاسخ خواهد شد.

۳- روانشناختی (عادت به محیط): درک تغییر یافته اطلاعات حسی یا واکنش به آن‌ها نسبت به شرایط حرارتی داخلی. قرارگرفتن در شرایط یک محیط داخلی منجر به کاهش شدت برانگیختگی احساس می‌شود.

نقش عادت به محیط بر درک حرارتی

علاوه بر تاثیر شدت یک محرک حرارتی بر درک افراد، «اطلاعات» آنان از محیط هم تاثیر دارد. عوامل روانی بر درک حرارتی افراد از محیط موثرند و عبارتند از:

۱- طبیعی بودن: افراد در محیط/شرایط طبیعی تغییرات محیطی را بیشتر تحمل می‌کنند (سیستم‌های مکانیکی خنک‌کاری، امکان سازگاری افراد با شرایط محیط را سلب می‌کنند).

۲- انتظارات: به معنای تمایل به محیط حرارتی خاص است. انتظار فرد به‌طور قابل ملاحظه‌ای بر درک وی تاثیر دارد؛ به‌عنوان مثال انتظار ساکنین محیط دارای تهویه طبیعی، نسبت به محیط دارای سیستم خنک‌کاری مکانیکی با دمای نسبتا پایدار، کمتر است و تغییرات دمایی را راحت‌تر تحمل می‌کنند. فصل‌های مختلف نیز به نوعی در تعدیل انتظار افراد از محیط بیرون موثر است.

۳- تجربیات: تجارب قبلی حرارتی بر انتظار افراد از محیط تاثیر می‌گذارد و نسبت به مدت زمان تجربه (کوتاه یا بلندمدت) متغیر است. تجربیات کوتاه‌مدت به حافظه مرتبط است و انتظارات در طول روز را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تجربیات طولانی مدت به ذهن افراد مرتبط است و تصمیمات را در شرایط مختلف شکل می‌دهد؛ اگر فردی برای مدت طولانی در یک محیط گرم باشد، در محیط جدید انتظار خنکی زیادی ندارد و بالعکس.

۴- مدت زمان حضور: آگاهی از مدت زمان کوتاه نارضایتی حرارتی، تحمل آن را ممکن می‌سازد؛ مانند هنگام خروج از خودرویی گرم به هوای سرد برای رفتن به داخل ساختمان. به‌طور متقابل درک حرارتی در تصمیم‌گیری برای مدت زمان حضور در محیط، موثر است.

۵- ابزار کنترلی در دسترس[1]: افراد فقط با داشتن ابزار کنترلی، حتی بدون استفاده از آن‌ها، تحمل حرارتی بیشتری خواهند داشت. به بیان دیگر اگر ابزار کنترل منبع نارضایتی حرارتی در دسترس باشد، افراد احساس نارضایتی و واکنش کمتری دارند.

۶- مطلوبیت تحریک محیطی[2]: محیط با شرایط حرارتی تا حدی متغیر، بیشتر ترجیح داده می‌شود؛ به‌عبارت دیگر یک محیط کاملا تثبیت‌شده غیرقابل تحمل است.

1- Perceived control
2- Environmental stimulation

نکته دانشی تاثیر قابل ملاحظه عادت به محیط بر آسایش حرارتی: انطباق فیزیکی با محیط می‌تواند تا ۶ °C احساس دمایی را تنظیم کند.

نکته دانشی تاثیر عادت و تحمل محیط بر سیستم ایمنی بدن: قدرت سیستم ایمنی بدن با توان تحمل گرما و سرما، مرتبط است. از این رو تحمل شرایط آب و هوایی طبیعی منجر به تقویت سیستم ایمنی می‌شود.

۴-۲-۴ آرام‌سازی ذهن

۴-۲-۴-۱ بار کار ذهنی

نرخ سوخت و ساز، عاملی تعیین کننده در آسایش حرارتی است و در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۳۸۴ نرخ سوخت و ساز فعالیت فیزیکی در نظرگرفته شده است.

بار ذهنی در سوخت و ساز کل بدن موثر است: مغز تنها ٪ ۲ وزن بدن است اما سوخت و ساز آن حدود ٪ ۲۰ سوخت و ساز پایه بدن است. دو ارگان دیگر مهم سوخت و ساز بدن، کبد و ماهیچه‌ها با سهم مشابه حدود ٪ ۲۰ می‌باشند. گرمای تولید شده در مغز یک مرد بزرگسال تقریبا ۱۶ W تا ۲۰ W است.

از این‌رو شرایط آسایش حرارتی افراد با تمام عوامل فردی و محیطی یکسان، فقط به‌دلیل بار ذهنی می‌تواند متفاوت باشد و دمای ایده‌آل یکسانی برای همه شرایط کار وجود ندارد. بار ذهنی[1] یک وظیفه کاری به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود. هرچه انگیزه انجام کار و خنک‌سازی ذهن بیشتر باشد، گرمای ذهن متعادل‌تر است و بار ذهنی کاهش می‌یابد.

$$Effort_{mental} = |MM - Q_c|.\frac{f_s}{f_m} \qquad (۱)$$

که در آن:

$Effort_{mental}$ بار ذهنی؛

MM نرخ سوخت و ساز ذهن؛

Q_c ظرفیت خنک‌سازی ذهن؛

f_s ضریب خواب‌آلودگی؛

f_m ضریب انگیزه است.

مغز به افزایش دما حساسیت زیادی دارد و خنک‌سازی مغز شبیه خنک‌سازی هسته پردازشگر کامپیوتر اهمیت دارد. ضرورت دفع گرمای ناشی از فعالیت ذهنی، نیاز به خنک‌سازی اضافی سر، نسبت به سایر

1- Mental effort

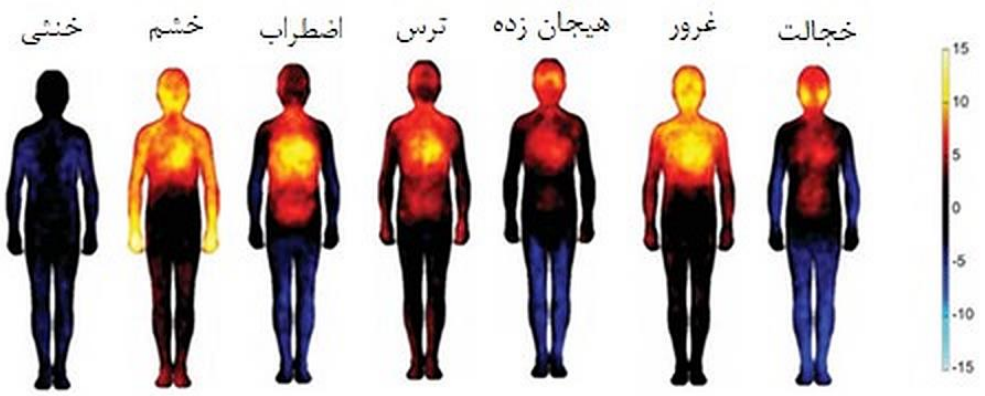
بخش‌های بدن را توجیه می‌کند (سر، اولویت نخست خنک‌سازی در بدن است). این اولویت در طبیعت بـدن هم دیده می‌شود و اولین محل تعریق بدن است.

۴-۲-۴-۲ احساسات

تنظیم دما به‌وسیله غده هیپوتالاموس با یکی از دو فرایند تولید گرما یا دفع گرما در بدن صـورت مـی‌گیـرد. پاسخ به استرس نیز به‌همراه تنظیم دمای بدن در غده هیپوتالاموس انجام می‌گیرد و نتیجه آن فعـال شـدن فرایند تولیدگرما و سرکوب فرایند دفع گرما است. از این‌رو استرس، موجب واکنش‌های فیزیولوژیک و منجـر به افزایش دما و گرمای درونی بدن و تغییر پاسخ‌های حرارتی و انتظارات افراد می‌شود.

هنگام استرس، فشار خون و گردش خون کلی بدن افزایش می‌یابد، استرس سوخت و ساز مغز، کبد و قلب را بیشتر کرده و در مجموع حدود ٪ ۵۰ سوخت وساز بدن را از حالت پایه افـزایش می‌دهـد. در نتیجـه دمـای مرکزی بدن افزایش می‌یابد. ورزش در شرایط استرس می‌تواند باعث کاهش واکنش سیستم تنظـیم حـرارت بدن شود.

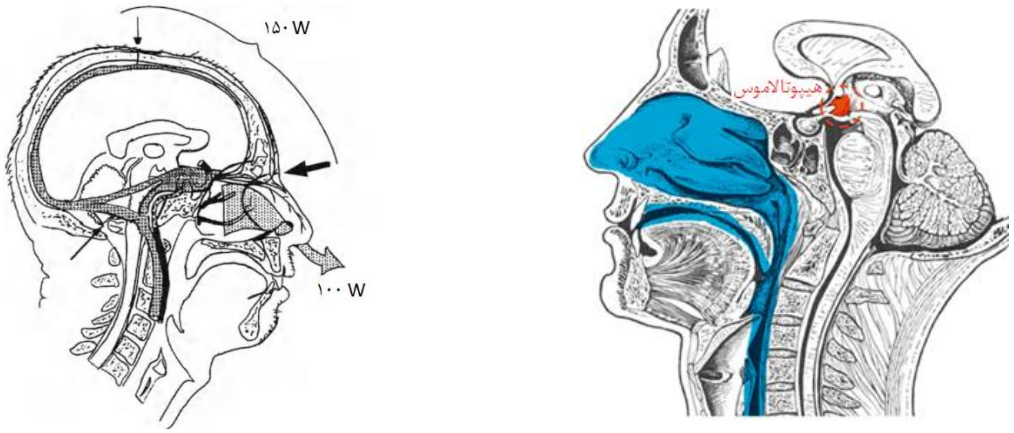
مطابق شکل ۷ بروز احساسات مختلف نیز موجب افزایش دمای بدن می‌شود.



شکل ۷- تاثیر احساسات بر نرخ سوخت و ساز بدن

۴-۲-۵ تنفس عمیق

غده هیپوتالاموس نه تنها سیستم کنترل دما، بلکه خود یک حسگر کلیـدی دمـا نیـز هسـت. شـکل ۸-الـف نزدیکی غده هیپوتالاموس به مسیر جریان هوای تـنفس را نشـان می‌دهـد. تـنفس هـوای خنـک منجـر بـه خنک‌سازی حسگرهای هیپوتالاموس شده و دمای سر را تعدیل می‌کند. شکل ۸-ب نواحی تبادل حرارت مغز با محیط را نشان می‌دهد؛ بخشی از این حرارت از طریق تنفس خارج می‌شود.



الف- نزدیکی جریان هوای تنفس به غده هیپوتالاموس **ب- مکانیزم خنک‌سازی مغز با تنفس**

شکل ۸- نقش تنفس در خنک‌سازی مغز

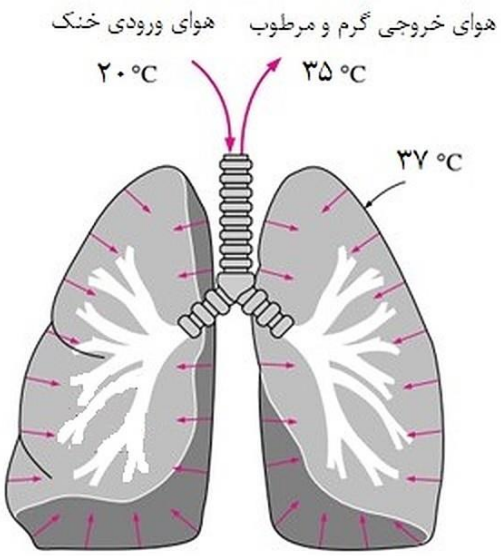
خنک‌سازی هوا توسط مجرای تنفسی[1] تاثیر بسزایی بر خنک‌سازی مغز دارد. هرچه هوای ورودی از طریق تنفس بیشتر باشد (تنفس عمیق) گرمای بیشتری از طریق تنفس خارج می‌شود. در شرایطی که دفعات تنفس ۱۵ بار در دقیقه و حجم آن ۰٫۵ l باشد، حدود ۱٫۵ W تا ۱٫۸ W گرمای محسوس و ۶٫۷ W تا ۹ W گرمای نهان با تنفس از بدن خارج می‌شود؛ اما مطابق شکل ۸-ب در شرایط ورزش یا فعالیت سنگین گرمای خروجی بدن از طریق تنفس به ۱۰۰W نیز می‌رسد. به‌طور کلی گرمای خروجی بدن به دفعات تنفس، حجم تنفس و همچنین شرایط محیطی بستگی دارد.

تنفس به روش تبخیری- همرفت باعث خنک سازی سر و بدن می‌شود. مجرای تنفس افراد متناسب با اقلیم تفاوت دارد؛ در اقلیم‌های گرم معمولا مجرای بینی گشادتر و سطح تماس هوا برای خنک‌سازی از طریق تبخیر بیشتر است. شُش به اندازه توپ بیس‌بال با وزن تقریبی یک کیلوگرم است. اگر شُش در سطحی گسترده شود، ۶۰ m^2 تا ۸۰ m^2 را پوشش می‌دهد (۳۵ برابر سطح مقطع بدن یا بیش از نصف زمین تنیس). از این‌رو نسبت سطح مقطع به حجم شُش خیلی زیاد بوده و محل مناسبی برای تبادل حرارت و تبخیر سطحی است.

تبادل گرما با تنفس

مطابق شکل ۹ در حالت دم، هوا در شرایطی یکسان با هوای بیرونی وارد شش‌ها می‌شود و در حالت بازدم هوای تقریبا اشباع با دمای نزدیک به دمای داخلی بدن، از بدن خارج می‌شود. شکل ۹ انتقال بخشی از گرمای سوخت و ساز بدن به بیرون، با تنفس را نشان می‌دهد.

1- Nasal air-conditioning



شکل ۹- تبادل گرمای بدن با محیط بیرون از طریق تنفس

مجموع گرمای دفع شده از بدن شامل دو بخش گرمای محسوس و نهان است و با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$\dot{Q}_{conv+rad,lungs} = 0{,}0014.met.(34 - T_{ambient}) + 0{,}0173.met(5{,}78 - P_{v,ambint}) \qquad (۲)$$

که در آن:

$\dot{Q}_{conv+rad,lungs}$ مجموع گرمای محسوس و نهان دفع‌شده از بدن با تنفس؛

$T_{ambient}$ دمای هوا؛

$P_{v,ambint}$ فشار بخار آب هوای محیط است.

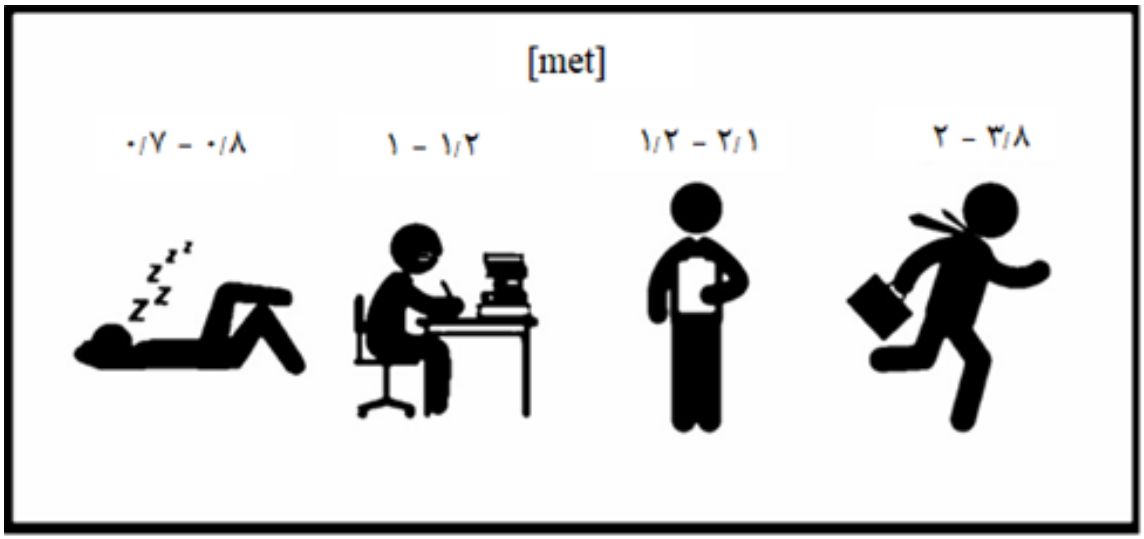
دفع گرمای محسوس بدن با تنفس بین ٪ ۴۰ در حالت کار سنگین، تا حدود ٪ ۷۰ در حالت کار سبک تغییر می‌کند.

نکته دانشی شرایط دفع گرما با تنفس: دفع گرمای محسوس از شُش‌ها در دمای بیش از ℃ ۳۴، و کل دفع گرما از طریق تنفس در دمای ℃ ۴۰ و رطوبت نسبی بیش از ٪ ۸۰ قطع می‌شود.

۳-۴ خنک‌سازی بیرونی

۱-۳-۴ کاهش سطح فعالیت

بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۳۸۴ شِش عامل دما، سرعت و رطوبت هوا، دمای تابشی، عایق لباس و نرخ سوخت و ساز بر آسایش حرارتی افراد موثر بوده و نیاز خنک‌سازی آن‌ها را تعیین می‌کند. منظور از سوخت و ساز، میزان تولید گرما در بدن با انجام یک فعالیت مشخص است. شکل ۱۰ محدوده نرخ سوخت و ساز به ازای فعالیت‌های فیزیکی مختلف را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- نرخ سوخت و ساز ناشی از فعالیت‌های فیزیکی مختلف

نرخ سوخت و ساز تاثیر زیاد در دمای آسایش دارد، و تفاوت مختصر سطح فعالیت افراد منجر به تغییر نیازِ آسایش حرارتی می‌شود. اگر اختلاف سوخت و ساز افراد بیش از ۰/۱ met باشد، شرایط آسایش حرارتی هر کدام مجزا در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال سوخت و ساز فرد نشسته درحال خواندن کتاب ۱met، نشسته در حال تایپ ۱/۱ met و نشسته در حال بایگانی کردن[1] (یا ایستاده در آرامش) ۱/۲ met است.

در شرایط عادی با سرعت هوا ۰/۱ m/s، رطوبت نسبی ٪ ۵۰، عایق لباس ۰/۵ clo (پوشش سبک)، تغییر در حداکثر دمای عملکردی قابل‌قبول افراد متناسب با تغییر سطح فعالیت به حالت نشسته در جدول ۱ (صرفنظر از بار ذهنی) توصیف شده است. تنها با تغییر وضعیت از حالت ایستاده به حالت نشسته، حداکثر دمای قابل‌قبول تحت این شرایط حدود ۰/۷ °C تغییر می‌کند.

با کاهش سطح فعالیت یا جابجایی زمان انجام کارهای سنگین، نیاز به خنک‌سازی در ساعات اوج گرمای تابستان کاهش می‌یابد.

جدول ۱- تغییر حداکثر دمای قابل‌قبول (میزان خنک‌سازی) با کاهش سطح فعالیت به حالت نشسته

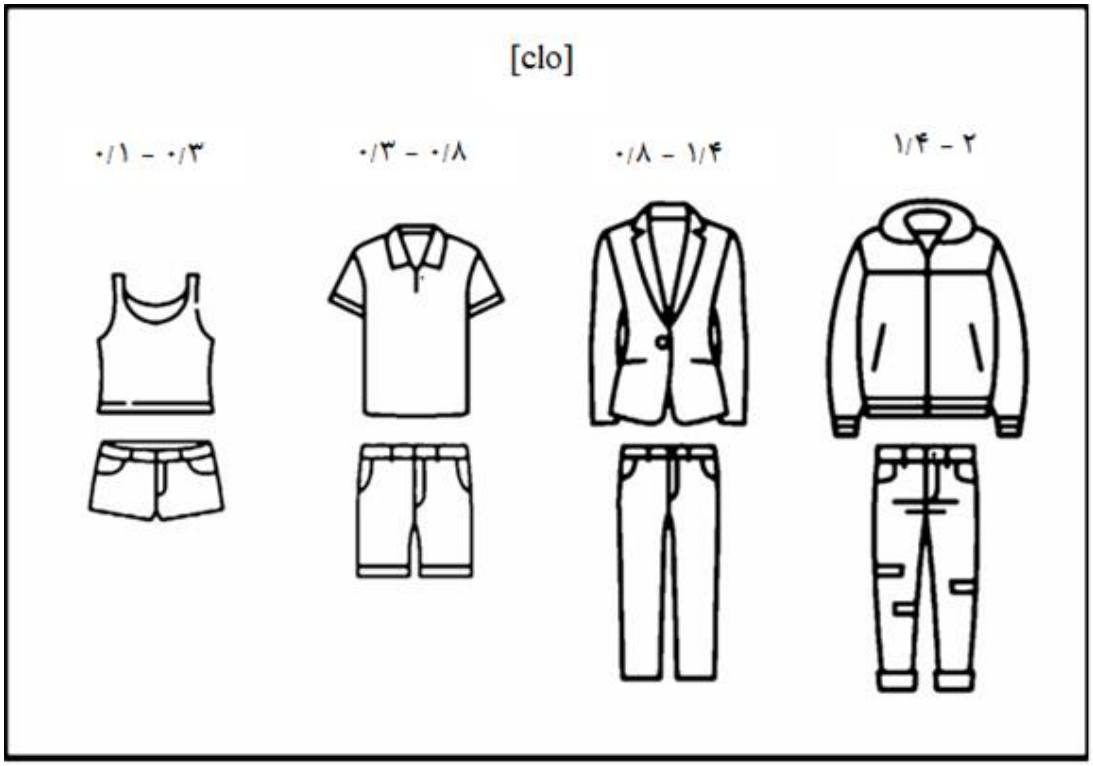
از فعالیت ... به حالت نشسته	met	میزان خنک‌سازی (°C)
ایستاده، بایگانی کردن	**۱/۲**	**۰/۷**
قدم زدن و گفتگو، آشپزی	**۱/۷**	**۱**
بسته‌بندی/حمل بسته، نظافت	**۲**	**۱/۴**

1- Filing

۲-۳-۴ سبک‌سازی پوشش

یکی از عوامل شش‌گانه موثر بر آسایش حرارتی در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۴۳۸۴ عایق لباس است. مقدار عایق لباس برای یک فرد برهنه صفر (۰) است. با اضافه شدن هر تن‌پوش به بدن، متناسب با عایق آن، مجموع عایق لباس، افزایش می‌یابد و نتیجه آن افزایش مقاومت در برابر انتقال گرمای بدن به محیط بیرون، افزایش احساس گرما و نیاز به خنک‌سازی است. حتی نشستن روی صندلی نیز منجر به افزایش عایق لباس می‌شود؛ عایق لباس افراد نشسته روی صندلی اداری و مدیریتی به ترتیب ۰٫۱ clo و ۰٫۱۵ clo افزایش می‌یابد و تقریبا معادل پوشیدن یک شلوار است. افزایش عایق لباس برای صندلی چوبی ۰٫۰۱ clo و برای فلزی صفر (۰) است.

شکل ۱۱ محدوده عایق لباس چند پوشش رایج را نشان می‌دهد. عایق لباس رایج در محیط داخل در فصل تابستان حدود ۰٫۵ clo و در فصل زمستان حدود ۱ clo است.



شکل ۱۱- محدوده عایق لباس چند پوشش رایج

جدول ۲ میزان تغییر دمای عملکردی قابل‌قبول انواع تن‌پوش را نشان می‌دهد.

جدول ۲- میزان تغییر در حداکثر دمای عملکردی قابل‌قبول (میزان گرمایش) به ازای عایق تن‌پوش

تن‌پوش		عایق تن‌پوش (clo)	میزان گرمایش (°C)
لباس زیر / نازک	لباس زیر	۰/۰۳	۰/۲
	زیرپوش	۰/۰۴	۰/۳
	زیرپوش آستین بلند	۰/۱۲	۰/۸
	تی‌شرت	۰/۰۹	۰/۶
	زیرشلواری	۰/۱	۰/۶
پیراهن و بلوز	آستین کوتاه	۰/۱۵	۰/۹
	نازک آستین کوتاه	۰/۲	۱/۳
	آستین بلند معمولی	۰/۲۵	۱/۶
	بلوز نازک آستین بلند	۰/۱۵	۰/۹
شلوار	شلوارک	۰/۰۶	۰/۴
	نازک	۰/۲	۱/۳
	معمولی	۰/۲۵	۱/۶
	پشمی	۰/۲۸	۱/۷
لباس زنانه	دامن نازک (تابستانه)	۰/۱۵	۰/۹
	دامن ضخیم (زمستانه)	۰/۲۵	۱/۶
	پیراهن نازک آستین کوتاه	۰/۲	۱/۳
	پیراهن ضخیم آستین بلند	۰/۴	۲/۵
	لباس سرهم	۰/۵۵	۳/۴
پلیور	بدون آستین	۰/۱۲	۰/۸
	نازک	۰/۲	۱/۳
	معمولی	۰/۲۸	۱/۷
	ضخیم	۰/۳۵	۲/۲
کت	تابستانی	۰/۲۵	۱/۶
	معمولی	۰/۳۵	۲/۲
	روپوش	۰/۳	۱/۹
متفرقه	جوراب	۰/۰۲	۰/۱
	جوراب ضخیم زیر زانو	۰/۰۵	۰/۳
	جوراب ضخیم بلند	۰/۱	۰/۶
	کفش با کف نازک	۰/۰۲	۰/۱
	کفش	۰/۰۴	۰/۳
	چکمه	۰/۱	۰/۶
	دستکش	۰/۰۵	۰/۳

۴-۳-۳ سامانه خنک‌سازی شخصی

با استفاده از سامانه‌های خنک‌سازی شخصی بجای خنک‌کاری هوا، بخشی از بدن، مستقیما خنک می‌شود.

۴-۳-۳-۱ اثر روانشناختی-فیزیولوژیکی[1]خنک‌سازی تک‌عضو

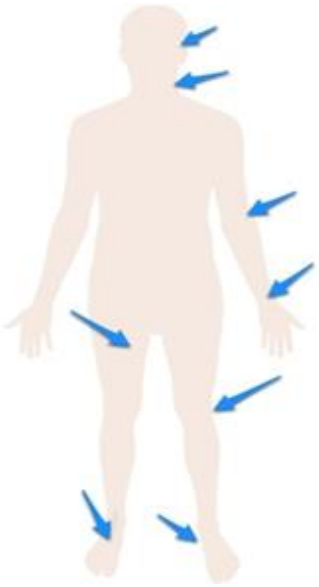
مدل‌های استاندارد آسایش حرارتی برای شرایط تعادل حرارتی یکنواخت و یکسان بخش‌های مختلف بدن هستند؛ اما با سامانه‌های خنک‌سازی شخصی تماسی ، بخش‌های مختلف بدن تحت تحریک حرارتی متفاوتی قرار می‌گیرند. از این‌رو در ارزیابی حرارتی یا تامین آسایش حرارتی با استفاده از سامانه‌های خنک‌سازی شخصی تنها انتقال گرما از بدن مطرح نیست، بلکه جوانب روانشناختی نیز اهمیت دارد؛ مثلا به‌دلیل حساسیت نوروفیزیولوژیکی[2] بخش‌های مختلف بدن به محرک‌های حرارتی[3]، احساس خنکی محلی منجر به احساس خنکی کل بدن در مغز می‌شود.

تمام بخش‌های بدن و دمای آن‌ها در احساس آسایش نقش دارند و گاهی تفاوت دمای قسمت‌های مختلف بدن حس بهتری نسبت به شرایط یکنواخت دمایی بدن ایجاد می‌کند. آسایش از رفع ناراحتی حرارتی یک یا چند عضو تامین می‌شود. قسمت‌های مختلف بدن، در زمان نارضایتی حرارتی، سیگنال‌های غالب نسبت به سیگنال‌های متعارف به مغز می‌فرستند. با سامانه‌های خنک‌سازی شخصی و اعمال سرما به بخش‌های ناراضی بدن، سیگنال منفی آن‌ها به سیگنال مثبت تبدیل می‌شود. به‌طور متقابل احساس نارضایتی حرارتی کل بدن در بخش‌های مختلف مانند سر یا پا ظاهر می‌شود و تنها با مصرف کم انرژی برای خنک‌سازی آن‌ها، احساس آسایش حرارتی تامین می‌شود.

۴-۳-۳-۲ نقاط کلیدی خنک‌سازی بدن

بخش‌های مختلف بدن حساسیت متفاوتی نسبت به محرک‌های حرارتی احساس آسایش دارند. گردش خون از بافت‌های داخلی به سمت پوست منجر به انتقال همرفتی گرما می‌شود. مطابق شکل ۱۲ نقاط کلیدی بدن برای خنک‌کاری تماسی، محل‌های عبور عروق اصلی از نزدیکی پوست هستند. سامانه‌های خنک‌سازی شخصی بر خنک‌کردن این نقاط مانند مچ دست, پشت گردن و پشت گوش تمرکز دارد.

1- Psychophysiological
2- Neurophysiological sensitivity
3- Thermal stimuli psychology



شکل ۱۲- نقاط کلیدی بدن برای خنک‌سازی

نارضایتی حرارتی قسمت‌های مختلف بدن به سرما و گرما نیز متفاوت است. دست و پا در محیط سرد به سرما و سر در محیط گرم به گرما بسیار حساس هستند. خنک‌سازی سر و بخش بالای بدن در محیط‌های گرم و معتدل بسیار موثر است. گرمایش پا و بخش پایین بدن نیز در محیط‌های سرد موثر است. نیم تنه بالایی بدن (کمر تا گردن) هم به سرما و هم به گرما حساس است. این بخش از بدن سطح مقطع زیادی برای انتقال گرما به هسته بدن دارد، اما به تغییرات دما بخصوص در خنک‌کاری بسیار حساس است. دست‌ها و مچ دست نیز می‌توانند خنک یا گرم شوند. مساحت این قسمت از بدن خیلی زیاد نیست اما عروق سطحی در این قسمت نقش تعیین کننده دارند.

۴-۳-۳-۳ طبقه‌بندی سامانه‌ها

تکنولوژی سامانه‌های خنک‌سازی شخصی به دو دسته فعال و غیرفعال دسته‌بندی می‌شوند. سامانه‌های غیرفعال بدون مصرف انرژی، عمدتا مبتنی بر روش تبخیری و مواد تغییر فاز دهنده (PCM) [۱] هستند که هر دو به‌صورت تماسی گرما را از بدن جذب و به ترتیب با تبخیر سطحی آب و تغییر فاز ماده موجب خنک‌سازی می‌شوند.

سامانه‌های فعال با مصرف انرژی کم همراه هستند. از جمله تکنولوژی‌های رایج آن‌ها، می‌توان به ترموالکتریک[۲] (TEC [۳])، فن و سایر ادوات الکترونیکی اشاره کرد.

1- Phase change material
2- Thermoelectric
3- Thermoelectric cooling

جلیقه، مچبند و گردنی خنک‌کننده، صندلی خنک و فن رومیزی از جمله سامانه‌های خنک‌سازی شخصی هستند. راهنمای استفاده از سامانه‌های مختلف در پیوست الف ارائه شده است.

۴-۳-۳-۴ توان خنک‌سازی

درجه خنک‌سازی (توان بهبود دمای حسی) چند سامانه خنک‌سازی شخصی در جدول ۳ بیان شده است.

جدول ۳- درجه خنک‌سازی چند سامانه خنک‌سازی شخصی

سامانه خنک‌سازی	CP (°C)
فن رومیزی	۱ - ۴
صندلی سرمایش/گرمایش	≈ ۴
مچبند خنک‌کننده	۱ - ۲
جلیقه خنک‌کننده	۲ - ۵
ترکیبی: فن رومیزی+ مچبند خنک‌کننده + صندلی خنک‌کننده	≈ ۵

نکته دانشی سرجمع تاثیر سامانه‌های خنک‌سازی شخصی بر دمای آسایش: سامانه‌های خنک‌سازی شخصی می‌توانند تا حدود ۵ °C احساس خنکی القا کنند.

۴-۳-۴ عوامل روانشناختی با کاربرد مشترک محیطی و شخصی

با کنترل و تغییرات محیطی مانند اصلاح طراحی داخلی، انتشار رایحه، نورپردازی و حتی پخش صوت مناسب، می‌توان تا حدودی حس خنکی را القا نمود. اگرچه این موارد عمدتا به محیط مرتبط هستند اما کاربرد شخصی به‌ویژه به صورت موضعی نیز دارند.

احساس خنکی روانی، نه به دلیل تغییر دمای مرکزی بدن است و نه به دلیل تغییر دمای محیط، بلکه یک پاسخ روانی و ذهنی به شرایط محیط است. عوامل ذهنی موثر بر درک حرارتی محیط شامل رنگ، نور، طراحی داخلی، رایحه و صوت هستند.

اگرچه عوامل محیطی تاثیر مستقیم بر ارگان‌های بدن ندارند، اما از طریق سیستم عصبی مرکزی بدن و حسگرهای مرتبط با آن بر بدن تاثیر می‌گذارند. محرک‌های بیرونی باعث تحریک حسگرهای دریافت‌کننده حواس می‌شوند و از طریق مسیرهای عصبی احساسات فرد را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از این‌رو حواس بویایی، بینایی و شنوایی باعث تغییر در احساسات و توانایی انجام فعالیت افراد می‌شوند.

۴-۳-۴-۱ رایحه

بو/رایحه با دما پیوند دارد و حتی برحسب دما طبقه‌بندی می‌شود. عطر گرم و سرد ، به ترتیب تصور محیط گرم و سرد را در ذهن افراد القا می‌کند. به عنوان نمونه رایحه نعناع و اکالیپتوس، خنک و دارچین و وانیل گرم بوده و به‌ترتیب باعث حس خنکی و حس گرمی می‌شوند. همچنین رایحه سرد محیط را وسیع و خلوت می‌نمایاند.

خواص ضدعفونی، درمانی و بهبود حالات روحی رایحه نیز اثبات شده است. با انتشار ۱ mg تا ۳ mg رایحه در هر مترمکعب هوا و یا استفاده در نقاط حساس بدن مانند مچ‌دست، پشت گوش و زیر بینی و با تاثیر بر عمیق شدن تنفس (خروج حرارت بیشتر از بدن) و کنترل احساسات، دمای حسی افراد کاهش می‌یابد.

۴-۳-۴-۲ رنگ

رنگ در الگوهای حرارتی تعریف شده و درک حرارتی انسان را تغییر می‌دهد. رنگ‌های گرم محرک سیستم عصبی بوده، احساسات را تشدید و گردش خون را افزایش می‌دهند. رنگ‌های قرمز، نارنجی، زرد و ارغوانی، گرم هستند. رنگ‌های سرد خاصیتی متضاد با رنگ‌های گرم داشته، آرامش بخش هستند و خون را آرام می‌کنند. رنگ‌های آبی، نیلی و سبز از جمله رنگ‌های سرد هستند.

حضور در محیطی با رنگ غالب قرمز می‌تواند باعث احساس گرما در فرد شود. در مقابل حضور در فضایی با رنگ آبی می‌تواند باعث احساس خنکی شود. رنگ بنفش نقشی دوگانه دارد. بنفش در کنار رنگ‌های گرم خاصیت گرمی و در کنار رنگ‌های سرد خاصیت سردی پیدا می‌کند، اما به تنهایی این ویژگی‌ها را ندارد.

رنگ‌ها در فضاهای داخلی با تغییر ابعاد فضایی درک‌شده، برانگیختگی افکار، احساسات، عواطف و رفتار ساکنین و با تاثیرگذاری بر احساسات و ذهن حتی برای افراد نابینا، می‌توانند دمای حسی را کاهش دهند.

۴-۳-۴-۳ نور

نور نیز می‌تواند بر سیستم عصبی مرکزی بدن تاثیر بگذارد. از این‌رو نور شدید (در محدوده ۹۰ Lux) باعث افزایش سوخت و ساز بدن می‌شود و افزایش دمای پوست را به‌همراه دارد.

نور طبیعی روز یکی از مشخصه‌های موثر فضای محیط است، زیرا روشنایی روز اثرات بیولوژیکی بر بدن دارد. رنگ نور طبیعی روز نیز بر احساس حرارتی افراد موثر است: هنگام قرار گرفتن در معرض نور طبیعی آبی نسبت به نارنجی، دمای خنک‌تری احساس می‌شود.

۴-۳-۴-۴ صدا

صدا/نویز در محیط گرم می‌تواند بر آسایش حرارتی موثر باشد. با کاهش صدای سیستم‌های مکانیکی خنک‌کاری هوا، آسایش حرارتی ساکنین بهبود می‌یابد. همچنین صدای آب می‌تواند باعث القای احساس خنکی شود.

۵ خودارزیابی خنک‌سازی شخصی

بر اساس روش‌های درونی و بیرونی خنک‌سازی شخصی، راهنمای خودارزیابی خنک‌سازی شخصی در پیوست ب بیان شده است.

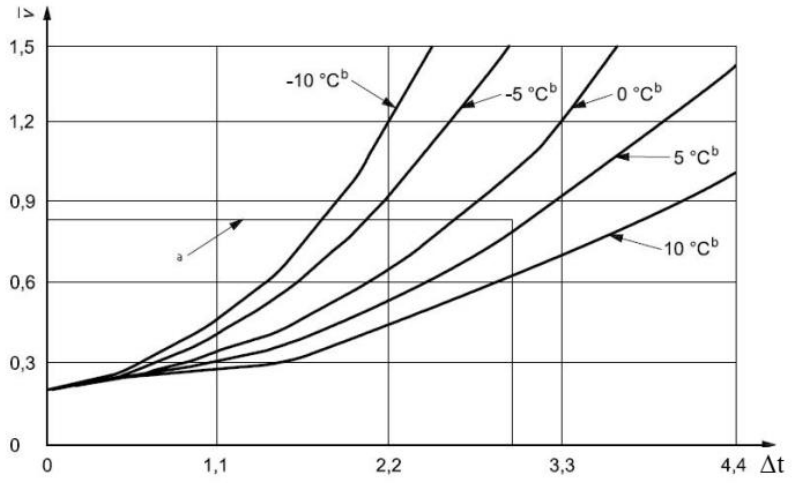
پیوست الف
(آگاهی‌دهنده)
سامانه‌های خنک‌سازی شخصی-تماسی

الف-۱ سامانه‌های فعال

سامانه‌های خنک‌سازی شخصی فعال، توان الکتریکی مصرفی کمی در محدوده چند وات تا چند ده وات دارند و عمدتا با استفاده از باتری یا کابل USB [1] کامپیوتر (گذرگاه سریال عمومی) کار می‌کنند.

خنک‌سازی سامانه‌های فعال عمدتا از طریق تماسی و با استفاده از ترموالکتریک و افزایش سرعت هوا با استفاده از فن، در نواحی کلیدی خنک‌سازی بدن است.

شکل الف-۱ در شرایط لباس معمول تابستانه (۰٫۵ clo) و فعالیت بدنی سبک (۱٫۲ met)، تاثیر افزایش سرعت هوا بر احساس خنکی را نشان می‌دهد و برای افزایش دما بیش از ۲۶ °C قابل استناد است.



شکل الف-۱- تاثیر افزایش سرعت هوا بر احساس خنکی

نمودار عمودی، سرعت هوا بر حسب m/s و نمودار افقی احساس خنکی بر حسب °C است. محدوده مشخص شده (a) در شکل الف-۱ برای فعالیت‌های بدنی سبک است؛ در حالت عدم ابزار کنترلی سرعت هوا برای فعالیت‌های سبک باید کمتر از ۰٫۸ m/s باشد و تاثیر خنک‌سازی آن کمتر از ۳ °C است.

منحنی‌های تفکیک شده (b) برحسب اختلاف (t_r-t_a) میانگین دمای تابشی (t_r) و دمای هوا (t_a) است. هرچه دمای هوا از میانگین دمای تابشی کمتر باشد، اثر خنک‌سازی پرتاب هوا نیز بیشتر است.

1- Universal serial bus

در شکل الف-۲ چند نمونه سامانه خنک‌سازی شخصی فعال برای خنک‌کردن بخش‌های مختلف بدن نشان داده شده است.

شکل الف-۲- چند نمونه سامانه خنک‌سازی شخصی فعال

الف-۲ سامانه‌های غیرفعال

سامانه‌های غیرفعال خنک‌سازی شخصی بدون مصرف انرژی هستند و اساس خنک‌سازی آن‌ها به‌صورت تماسی با استفاده از مواد تغییر فازدهنده، بسته‌های یخ/ژل، تبخیر سطحی آب و غیره هستند.

سامانه‌های غیرفعال تبخیری از طریق جذب آب (خیساندن با مصرف بسیار کم آب)، گرماگیری از بدن و تبخیر سطحی، منجر به خنکی موضعی و احساس خنکی کل بدن می‌شوند. در برخی سامانه‌های تبخیری برای جذب آب بیشتر از پودرهای هیدروژل استفاده می‌شود. سامانه‌های غیرفعال مبتنی بر PCM و

بسته‌های یخ/ژل، نیازی به خیساندن ندارند و گرمای جذب شده از بدن به‌صورت موضعی منجر به تغییر فاز ماده می‌شود. برای اثربخشی بهتر سامانه‌های خنک‌سازی تماسی، لازم است کاملا در تماس با پوست باشند.

شکل الف-۳ چند نمونه سامانه خنک‌سازی شخصی غیرفعال برای بخش‌های مختلف بدن را نشان می‌دهد.

شکل الف-۳- چند نمونه سامانه خنک‌سازی شخصی غیرفعال

سامانه‌های غیرفعال خنک‌سازی شخصی در مقایسه با سامانه‌های فعال نیاز به شارژ مجدد دارند؛ توان خنک‌سازی سامانه‌های تبخیری و مبتنی بر مواد تغییر فاز دهنده با گذشت زمان کاهش می‌یابد. سامانه‌های تبخیری پس از ۲ h تا ۳ h باید مجددا با آب خیسانده شوند و سامانه‌های مبتنی بر مواد تغییر فازدهنده نیز پس از ۲ h تا ۵ h باید در محیط خنک قرار گیرند تا گرمای جذب شده آزاد شود. بسته‌های یخ/ژل نیز برای بازیابی لازم است در یخچال قرار گیرند.

یادآوری- در برخی از روش‌های خنک‌سازی شخصی از هر دو نوع فعال و غیرفعال استفاده می‌شود.

شکل الف-۴ تصویر ترموگرافی اثربخشی یک نمونه خنک‌کننده شخصی تماسی را نشان می‌دهد. مطابق شکل الف-۴ با استفاده از گردنی خنک‌کننده، دمای حوالی گردن حدود ۵ °C کاهش یافته است که بر اساس اثر روانشناختی-فیزیولوژیکی خنک‌سازی تک‌عضو، احساس خنکی در کل بدن ایجاد می‌شود.

شکل الف-۴- حدود ۵ °C خنک‌سازی ناحیه تماس با گردنی خنک

مزایای سامانه‌های خنک‌سازی شخصی در جدول الف-۱ توصیف شده است. بهبود آسایش حرارتی با مصرف انرژی و هزینه کم و ارتقای سطح بهداشت تنفسی از جمله مزایای اصلی سامانه‌های خنک‌سازی شخصی همراه با نفع مشترک صنعت برق و وزارت بهداشت هستند.

جدول الف-۱- مزایای سامانه‌های خنک‌سازی شخصی

	مزیت
شخصی	اصلاح الگوی خنک‌سازی از خنک‌کاری هوا به خنک‌سازی مستقیم بدن
	استقلال تصمیم‌گیری در میزان و مدت خنک‌کاری برای هر فرد
	ارتقای سطح آسایش حرارتی ساکنین
	کم‌جا و قابل حمل
	امکان استفاده در شرایط اضطراری قطعی برق
بهداشتی	کاهش گردو غبار و انتشار بیماری‌های واگیردار با کاهش گردش هوا
	کاهش استنشاق هوای سرد و خشک و جلوگیری از آسیب‌های ریوی
	فرصت تطابق بدن با محیط
اقتصادی	هزینه خنک‌سازی $/°C ۱-۱۰ (بسته به نوع سامانه)
	نسبت فایده به هزینه ۱۰ تا ۱۰۰ (بسته به نوع سامانه)
	ارتقای دمای آسایش تا حدود ۳۲ °C با مصرف انرژی کم
	حدود ٪ ۱۰ تا۴۰ ٪ کاهش بار سرمایشی

پیوست ب
(آگاهی‌دهنده)
خود ارزیابی خنک‌سازی شخصی

با توجه به هدف‌گذاری کاربردی بودن این استاندارد، چک‌لیست خود ارزیابی خنک‌سازی شخصی شامل موارد تاثیرگذار کلیدی در جدول ب-۱ آورده شده است، این چک‌لیست ضمن یادآوری و جمع‌بندی ویژگی‌های موثر کم‌هزینه و دردسترس، امکان خودارزیابی افراد و بررسی تعداد موارد بهره‌گیری شده را فراهم می‌سازد. ممکن است به دلیل الزامات محیطی و فردی، برخی از موارد بیان شده برای افرادی قابل انطباق نباشد. اما تصویر کلی بهره‌گیری از این رویکردهای ساده را نشان می‌دهد.

جدول ب-۱- چک‌لیست خود ارزیابی خنک‌سازی شخصی

رویکرد	توصیه	بلی	خیر
کنترل خوراک	کاهش حجم مصرف خوراک		
	مصرف غذاهای کم‌انرژی با طبع خنک و متناسب با اقلیم		
	افزایش تعداد وعده‌های غذایی (۳ تا ۶ وعده در روز)		
	مصرف بیشتر میوه و سبزیجات آبدار		
	خوردن غذا با سرعت متعادل بین ۱۰ min تا ۱۵ min (نه بسیار سریع نه بسیار آرام)		
	مصرف غذا با دمای متعادل ۲۰°C تا ۳۰°C		
	کاهش مصرف گوشت قرمز (ترجیحا دو وعده در هفته) شکر و غذاهای فرآوری شده		
	کاهش مصرف غذاهای شور، تلخ و تند، غلیظ، سرخ‌شده، سنگین، دیر هضم و ادویه		
نوشیدن آب	نوشیدن جرعه جرعه آب در طول روز		
	پرهیز از نوشیدنی‌های بسیار سرد یا گرم		
	مزه‌دار کردن آب برای فعال‌سازی حسگرهای حرارتی دهان		
	جایگزین نکردن آب با چای، قهوه و نوشیدنی‌های گازدار (دفع‌کننده آب بدن)		
عادت به محیط	بهره‌گیری بیشتر از عوامل طبیعی مانند باز کردن پنجره در زمان مناسب		
	کاهش سطح انتظارات از شرایط حرارتی محیط و پذیرش آن		
	عدم تثبیت دمای ترموستات در یک مقدار ثابت		
	دردسترس بودن ابزار کنترلی آسایش حرارتی در محیط داخلی		
آرام‌سازی ذهن	کنترل احساسات و هیجان‌زدگی و تا حد امکان آرامش حین فعالیت		
	استراحت کوتاه در حین کار ذهنی به جای استراحت بلندمدت بعد از کار طولانی		
	اولویت‌بندی کارهای ذهنی و پرهیز از انجام همزمان چند کار		
	تنوع بخشی فعالیت‌ها در هر روز بجای تخصیص کار مشخص به‌یک روز هفته		
تنفس	تنفس عمیق (هر دو ساعت یک‌بار ۱۰ نفس عمیق- دم و بازدم آهسته و شمرده)		
	تحریک حس بویایی برای تنفس عمیق با انتشار رایحه		

رویکرد	توصیه	بلی	خیر
خنک‌سازی بیرونی	خنک‌سازی سر در اولویت نخست خنک‌سازی بدن		
	برنامه‌ریزی فعالیت‌های سنگین برای ساعات اول صبح و بعد از ظهر		
	سبک‌سازی پوشش و استفاده از لباس‌های روشن و نازک		
	استفاده از سامانه‌های خنک‌سازی شخصی تماسی مانند مچبند و گردنی خنک‌کننده		
	استفاده از فن رومیزی و افزایش سرعت هوا در محدوده نیم‌تنه بالایی بدن تا سر		
	استفاده از رایحه خنک روی مچدست، پشت گوش یا نزدیک به بینی		
	استفاده بیشتر از رنگ‌های آبی و سبز در محیط داخلی		

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲-۱۰۱۵۲: سال ۱۳۸۶، اصول ارگونومی با بار کار فکری- قسمت دوم: اصول طراحی

[۲] کارگزار، راحله، همکاران، *اصول شش گانه حفظ سلامتی از دیدگاه طب سنتی ایران و ارتباط آن با فصول*، ۳۸۱ تا ۳۸۸

[3] Marriott, B.M. ed., Nutritional Needs in hot environments: Applications for military personnel in field operations, 1993

[4] Baker-Fulco CJ, et al, Nutrition for health and performance, 2001: nutritional guidance for military operations in temperate and extreme environments, ARMY RESEARCH INST OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA; 2001 May 1

[5] McCubbin AJ, et al, Sports dietitians Australia position statement: nutrition for exercise in hot environments. International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 2020 Jan 1;30(1):83-98

[6] ScienceDirect [online database], Ingestion of Food, Available from <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/ingestion-of-food>

[7] MedNote [online database], Metabolism and nutritional disorders, Available from <https://www.mednote.dk/index.php/Metabolism_and_nutritional_disorders>

[8] Bellatrixfit [online database], Thermic Effects of Food, Available from <https://bellatrixfit.com/2017/06/13/thermic-effects-of-food/>

[9] World Health Organization, Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, World Health Organization; 2003 Apr 22

[10] WHO [online database], WHO Food Guidelines Summary Pyramid, Available from <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WHOFoodGuidelinesSummaryPyramid.png>

[11] Eatenergizeexpect [online database], The French Food Pyramid, Available from < http://www.eatenergizeexpect.com/french-food-pyramid/>

[12] Nummenmaa L, Glerean E, Hari R, Hietanen JK., Bodily maps of emotions. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014 Jan 14;111(2):646-51.

[13] J. B., Heating and cooling of buildings , capture 16, University of Technology Malaysia, Available from <https://www.pdhexpress.com/pdhcourse/pdf/hvac_heating_and-_cooling_of_the_buildings.pdf.>.

[14] Kalenova LF, Sukhovei YG, Fisher TA, *Specific and nonspecific reactions of mouse immune system under the effect of short-term exposure in warm and/or cold water. Bulletin of experimental biology and medicine*. 2005 Dec;140(6):720-2.