مطالعات محیطی هفت حصار شماره پنجاه و چهارم/ سال چهاردهم/ زمستان ۱۴۰۴
صفحات ۶۴-۵۳

ارزیابی وضعیت آسایش حرارتی و پیش‌بینی احتمال بروز سازگاری حرارتی متاثر از احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی

کارن فتاحی*، مریم بیگی**، علی عمرانی‌پور***

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴

چکیده

خستگی ذهنی، یک چالش رایج در میان کارکنان فضای درمانی در طول شیفت‌های طولانی، ممکن است بر نحوه درک و سازگاری افراد با محیط حرارتی خود تأثیر بگذارد، همینطور کارکنان به دلیل سطوح مختلف فعالیت، الزامات تجهیزات حفاظتی و نیاز به حفظ شرایط سخت محیطی برای مراقبت از بیمار، چالش‌های حرارتی را تجربه می‌کنند. از این رو هدف پژوهش حاضر ارزیابی وضعیت آسایش حرارتی و بررسی نقش خستگی ذهنی در پیش بینی احتمال بروز سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی است. این پژوهش در قالب یک طرح آزمایشی کنترل‌شده، در آزمایشگاه‌های تخصصی یک کلینیک واقع در شهر ایلام اجرا گردید. جامعه‌ی نمونه متشکل از ۲۰ نفر از پرسنل پزشکی شاغل در یک آزمایشگاه زیرزمینی بود. شرکت‌کنندگان به‌صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند و تحت دو شرایط متفاوت قرار گرفتند: قرارگیری در معرض غلظت دی‌اکسیدکربن ۱۱۰۰ PPM همراه با تهویه‌ی مکانیکی، و قرارگیری در معرض غلظت دی‌اکسیدکربن ۱۸۰۰ PPM بدون تهویه‌ی مکانیکی. در طول آزمایش، پارامترهای فیزیولوژیکی (شامل ضربان قلب) و همچنین ارزیابی‌های مربوط به آسایش حرارتی (با استفاده از پرسشنامه استاندارد ASHRAE) و میزان خستگی (با به‌کارگیری پرسشنامه استاندارد MFI) به‌طور همزمان ثبت و اندازه‌گیری شدند. بخش یافته‌های تحقیق با استفاده از دو روش تحلیل آماری بررسی شد. بخش اول با برازش مدل رگرسیون لوجستیک و بخش دوم با آزمون آنالیز واریانس دوطرفه (دو عاملی) در نرم‌افزار SPSS 27 تجزیه و تحلیل گردید. یافته‌های حاصل از مدل رگرسیون لوجستیک نشان داد که متغیر احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی حین انجام کار، تأثیر آماری معناداری بر احتمال بروز سازگاری حرارتی آنان دارد ($P < ۰/۰۵$). به عبارت دیگر، خستگی ذهنی یک پیش‌بینیکننده معنادار برای سازگاری حرارتی محسوب می‌شود. در مقابل، متغیرهای غلظت CO_2 (در دو سطح ۱۱۰۰ PPM با تهویه مکانیکی و ۱۸۰۰ PPM بدون تهویه مکانیکی)، عملکرد شناختی و ضربان قلب، تأثیر آماری معناداری بر احتمال سازگاری حرارتی نشان ندادند ($P < ۰/۰۵$). نتایج آنالیز واریانس دوطرفه نیز مشخص کرد که فاکتور سطوح مختلف دی‌اکسیدکربن موجود در هوا، تأثیر آماری معناداری بر احساس آسایش حرارتی کارکنان دارد ($P < ۰/۰۵$). با این حال، فاکتور جنسیت و همچنین اثر متقابل بین جنسیت و سطوح دی‌اکسیدکربن، تأثیر معناداری بر احساس آسایش حرارتی نداشتند. این عدم معناداری به ترتیب با مقادیر ($F(1,16)=0.200$, $P=0.660$) برای جنسیت و (, $F(1,16)=0.200$ $P=0.660$) برای اثر متقابل تأیید شد ($P > ۰/۰۵$). نتایج نشان‌داد، خستگی ذهنی کارکنان تأثیر معناداری بر سازگاری حرارتی آنان دارد و کاهش آن می‌تواند احتمال سازگاری را تا ۱.۷۵۸ برابر افزایش دهد. همچنین، سطوح بالاتر دی‌اکسیدکربن (حدود ۱۸۰۰ ppm) موجب کاهش آسایش حرارتی می‌شود، که لزوم کنترل کیفیت هوا در محیط‌های درمانی را نشان می‌دهد. یافته‌های این پژوهش بر ضرورت توجه به ارزیابی آسایش حرارتی و در نظر گرفتن نقش عوامل روان‌شناختی مانند خستگی ذهنی در پیش‌بینی و مدیریت سازگاری حرارتی کارکنان در محیط‌های درمانی تأکید می‌کند.

واژگان کلیدی

آسایش حرارتی، سازگاری حرارتی، خستگی ذهنی،کارکنان فضاهای درمانی.

* گروه معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران. (نویسنده مسئول) karenfatahi@yahoo.com
** گروه معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران. beigimaryam35@gmail.com
*** گروه معماری، دانشکده معماری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. a.omrani@ut.ac.ir

مقاله پژوهشی- مورد پژوهی
©: IAUH
ISSN: 2322-5602

مقدمه

به دلیل ویژگی‌های خاص گروه‌های مختلف که در فضای درمانی خدمت می‌کنند، یک محیط داخلی سالم و راحت نقش مهمی در تثبیت احساسات بیماران و توانمندسازی کارکنان برای کار موثر دارد. ساختمان‌های بیمارستانی باید طیف وسیعی از محیط‌های داخلی را برای پاسخگویی به نیازهای متنوع بیماران و کارکنان تامین کنند. این محیط‌ها برای عملکردهای مختلف، از مراقبت و بهبودی بیمار گرفته تا کارایی عملیاتی پرسنل پزشکی، حیاتی هستند (فتاحی و همکاران،۱۴۰۳). کارکنان مراقبت‌های بهداشتی در ایران به دلیل گرمای بیش از حد محیط داخلی احساس ناراحتی می‌کنند، در حالی که بیماران دارای پوشش بالاترین سطح آسایش حرارتی را دارند (Ma.etal,2023). آسایش حرارتی حالتی از ذهن است که بیانگر رضایت از محیط حرارتی است (کریمی و همکاران، ۱۴۰۱)، و یک جنبه حیاتی در فرآیند طراحی ساختمان است (Van.etal, 2010). آسایش حرارتی بهینه، رفاه، رضایت و عملکرد کاری کارکنان را افزایش می‌دهد. افزایش رضایت حرارتی منجر به بهره وری بالاتر، هوشیاری و تمرکز بهتر و شکایت و غیبت کمتر می‌شود. این بهبود نه تنها کارایی فردی را افزایش می‌دهد، بلکه باعث ایجاد یک محیط کار هماهنگ و سازنده تر می‌شود (Zheng.etal,2024). آسایش حرارتی در محیط‌های داخلی برای رفاه و بهره‌وری کارکنان حیاتی است و منجر به مزایای اقتصادی قابل توجهی می‌شود. عملکرد شناختی در محیط‌های اداری عمیقاً تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله راحتی حرارتی، وضعیت روانی و سطوح خستگی قرار می‌گیرد، تأثیر متقابل این عناصر بسیار مهم است. بنابراین، اطمینان از شرایط بهینه داخل ساختمان برای افزایش کارایی کارکنان و هدایت موفقیت سازمانی ضروری است. برعکس، نارضایتی از محل کار می‌تواند بهره وری را به شدت کاهش دهد و در نتیجه نتایج اقتصادی منفی به همراه داشته باشد. بنابراین، حفظ شرایط محیطی بهینه محیط داخلی برای به حداکثر رساندن بازده کارکنان و ایجاد یک محیط کار مثبت ضروری است(Liang.etal,2024). بنابراین حفظ آسایش حرارتی یک عامل کلیدی در ایجاد یک محیط کاری مطلوب برای کارکنان مراقبت‌های بهداشتی است (Yuan,2022).

پرستاران ملزم به انجام مراقبت و درمان مناسب در خط مقدم مراقبت از بیمار هستند در نتیجه اغلب دچار خستگی جسمی و روانی ناشی از کار می‌شوند. طبق یک مطالعه قبلی، ۵۰.۲ درصد از پرستاران بیمارستان خستگی مزمن و حاد ناشی از کار را گزارش کردند و ۸۴.۹ درصد از پرستاران زن خستگی جسمی و روانی را تجربه کردند (Abdul Rahman.etal,2017) (Cai.etal,2018). خستگی ذهنی ناشی از استرس عاطفی مرتبط با کار مانند خواسته ها و انتظارات بیماران است که منجر به بی حالی، کاهش سطح تمرکز یا عدم انگیزه برای کار می‌شود (Pasupathy.etal,2012) همچنین خستگی می‌تواند عملکرد کاری پرستاران را کاهش دهد و ممکن است توانایی آنها را برای تداوم رفتارهای ایمن در محل کار مختل کند (Seol.etal,2018). خستگی در بین ۹۱.۹ درصد از پرستاران گزارش شده است و طبق یافته‌های مطالعه قبلی انجام شده توسط رافتوپولوس و همکاران، دو سوم پرستاران احساس خستگی می‌کنند. خستگی ناشی از کار موضوع مهمی است که بر عملکرد پرستاران تأثیر می‌گذارد و به صورت خستگی جسمی و روانی ظاهر می‌شود(Raftopoulos.etal,2012). خستگی ذهنی یک حالت روان زیستی است که در اثر فعالیت ذهنی شدید طولانی مدت ایجاد می‌شود و معمولاً با احساس ذهنی خستگی، کاهش هوشیاری ذهنی و همچنین کمبود انرژی همراه است. که عملکرد را به خطر می‌اندازد(Hen.etal,2008) (Marcora.etal,2009). بنابراین کارکنان فضای درمانی سطوح بالایی از استرس، نارضایتی شغلی، خستگی ذهنی، فرسودگی روانی، و فرسودگی ذهنی را تجربه می‌کنند (Adams.etal,2020)، دمای بالای هوا یکی از عواملی است که باعث افزایش خستگی می‌شود (Fujii.etal,2015)، بنابراین خستگی به طور قابل توجهی بر نقش‌های شغلی مختلف تأثیر می‌گذارد و منجر به پیامدهای نامطلوب می‌شود. اینها شامل اختلال در عملکردهای شناختی مانند توجه، تمرکز و زمان واکنش، همراه با تغییرات خلقی منفی، کاهش فعالیت بدنی، کاهش عملکرد و افزایش خطر خطای انسانی و صدمات است (Bazazan.etal,2019)(Ulises.etal,2016). خستگی کارکنان فضای درمانی که اغلب به دلیل بارهای کاری ذهنی زیاد ایجاد می‌شود، می‌تواند منجر به افزایش خطای انسانی شود و کارکنان و بیماران را در معرض خطر قرار دهد (Alsayed.etal,2022) (Poola. etal,2022). اخیراً، اثرات ترکیبی خستگی ذهنی ناشی از یک کار شناختی طولانی مدت و قرار گرفتن در معرض استرس گرمایی به عنوان یک اثر منفی احتمالی مورد بررسی قرار گرفته است (Pageaux.etal,2018). در مورد دمای داخلی، مشخص است که عملکرد کار به طور قابل توجهی تحت تأثیر دماهای بالاتر از ۲۶ درجه سانتیگراد و سطوح رطوبت نسبی پایین، به ویژه موارد زیر ۴۰٪ است (Gupta.etal,2018). بنابراین، کارشناسان توافق دارند که افزایش دما تأثیر منفی بر سلامتی، به ویژه بر خستگی دارد (Fujii.etal,2015). کارکنان فضای درمانی اغلب در محیط‌های پرمخاطره‌ای فعالیت می‌کنند که مشخصه آنها عدم آسایش حرارتی و سطوح بالای خستگی ذهنی است. این عوامل بر عملکرد شغلی تأثیر منفی می‌گذارند، رضایت شغلی را کاهش می‌دهند و باعث احتمال خطای انسانی می‌شود. در نتیجه هم ایمنی کارکنان و هم نتایج

بیمار را به خطر می‌اندازند. بنابراین درک اینکه چگونه خستگی ذهنی با سازگاری حرارتی تداخل می‌کند، برای طراحی محیط‌های حمایتی‌تر بسیار مهم است. مطالعات پیشین آسایش حرارتی و خستگی را به طور جداگانه مورد بررسی قرار داده‌اند، تعداد کمتری بر روی تأثیر ترکیبی آنها بر سازگاری، به‌ویژه در کارکنان فضای درمانی که برای دوره‌های طولانی در معرض این عوامل استرس‌زا قرار دارند، بررسی کرده‌اند، از این رو هدف پژوهش حاضر ارزیابی وضعیت آسایش حرارتی و بررسی نقش خستگی ذهنی در پیش‌بینی احتمال بروز سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی است.

روش تحقیق

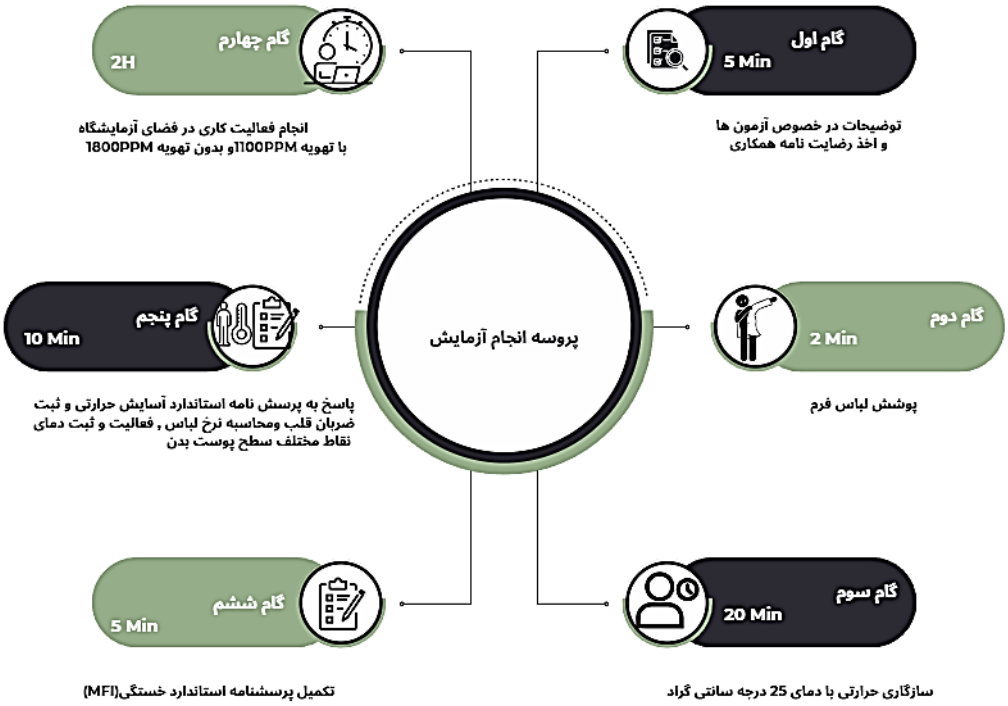
این مطالعه آزمایشگاهی با هدف بررسی تأثیر کیفیت هوا بر آسایش حرارتی و خستگی ذهنی کارکنان مراکز درمانی، در یک محیط کنترل‌شده طراحی و اجرا شد. جامعه آماری پژوهش را ۲۰ نفر از کارکنان فضای درمانی (۱۰ زن و ۱۰ مرد) تشکیل می‌دادند که به صورت تصادفی انتخاب و به دو گروه مساوی ۱۰ نفره تقسیم شدند. فرآیند تحقیق در یک زیرزمین واقع در یک کلینیک تخصصی در شهر ایلام انجام گرفت. این فضا به گونه‌ای آماده‌سازی شده بود که امکان ایجاد و کنترل دو شرایط تهویه‌ای متفاوت را فراهم می‌کرد. سیستم تهویه پایه در آزمایشگاه، ترکیبی از تهویه طبیعی (از طریق پنجره‌ها) و تهویه مکانیکی (با استفاده از فن‌ها) بود. طرح آزمایش حول مقایسه این دو رژیم تهویه‌ای متمرکز بود: شرایط اول با تهویه مکانیکی فعال (فن‌ها روشن برای حفظ جریان و تبادل هوای مؤثر) و شرایط دوم بدون تهویه مکانیکی (فن‌ها خاموش و متکی تنها بر تهویه طبیعی). هر یک از دو گروه شرکت‌کننده به صورت تصادفی در یکی از این دو شرایط قرار داده شدند. کلیه مراحل پژوهش با رعایت اصول اخلاقی و پس از اخذ تأییدیه از کمیته اخلاق دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام (کد تأیید: IR.IAU.ILAM.REC.1403.091) انجام شد. برای گردآوری داده‌ها، از دو رده ابزار سنجش استفاده گردید. بخش اندازه‌گیری‌های عینی محیطی شامل ثبت مستمر و دقیق پارامترهای دما، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، دمای تابشی و غلظت دی‌اکسیدکربن بود. در این راستا، سطح غلظت CO_2 به طور کنترل‌شده در حدود ۱۱۰۰ PPM در شرایط دارای تهویه مکانیکی و در حدود ۱۸۰۰ PPM در شرایط فاقد آن حفظ شد. بخش اندازه‌گیری‌های ذهنی و فیزیولوژیکی مشتمل بر تکمیل دو پرسشنامه معتبر بین‌المللی «پرسشنامه آسایش حرارتی ASHRAE 2020» و «پرسشنامه سنجش خستگی چندبعدی (MFI)» توسط شرکت‌کنندگان، همراه با اندازه‌گیری دمای سطح پوست بدن آنان بود.

داده‌های عینی با استفاده از تجهیزات استاندارد ثبت شدند: پارامترهای اقلیمی توسط دیتالاگر DeltaLog 10 (تصویر-۱، A)، دمای سطح پوست با تفنگ حرارتی لیزری TCE1326/1327 (تصویر-۱، B) و غلظت لحظه‌ای دی‌اکسیدکربن هوا با دستگاه تستر Fluke 975 Air Meter (تصویر-۱، C) ثبت گردید. این رویکرد یکپارچه که همزمانی سنجش‌های کمی محیطی با پاسخ‌های کیفی و فیزیولوژیکی افراد را ممکن ساخت، بستری علمی برای تحلیل روابط بین کیفیت هوا، ادراک حرارتی و وضعیت روان‌شناختی کارکنان در محیط‌های درمانی فراهم آورد.

تصویر ۱- وضعیت محل انجام مطالعات آزمایشگاهی ومشخصات فنی دستگاه‌ها

فرآیند جمع‌آوری داده‌ها از یک روش شش مرحله‌ای پیروی می‌کرد که در مجموع ۲ ساعت و ۴۲ دقیقه به طول انجامید (تصویر-۲). ابتدا به شرکت‌کنندگان توضیحات واضحی در مورد آزمون ارائه شد، پس از آن رضایت آگاهانه خود را اعلام کردند، فرآیندی که تقریباً ۵ دقیقه طول کشید، سپس آنها ۲ دقیقه را صرف پوشیدن لباس‌های فرم استاندارد کردند تا از یکنواختی در گروه مورد مطالعه اطمینان حاصل کنند. در

مرحله سوم، شرکت‌کنندگان یک دوره ۲۰ دقیقه‌ای سازگاری حرارتی را در دمای کنترل شده ۲۵ درجه سانتیگراد تجربه کردند. مشارکت کنندگان به صورت تصادفی به دو گروه تقسیم شدند که هر کدام در معرض سطوح مختلف دی‌اکسیدکربن بودند: یک گروه ۱۱۰۰ PPM را با تهویه مکانیکی تجربه کردند، در حالی که گروه دیگر با ۱۸۰۰ PPM بدون تهویه مواجه شدند. شرکت‌کنندگان به مدت ۲ ساعت درگیر فعالیت‌های کاری معمول در محیط آزمایشگاه بودند. به دنبال آن پرسشنامه استاندارد آسایش حرارتی در ۱۰ دقیقه تکمیل شد. در این مدت، علائم حیاتی مانند ضربان قلب بررسی شد و میزان عایق لباس و میزان فعالیت محاسبه شد. علاوه بر این، دمای سطوح مختلف پوست (از جمله دست راست و چپ، گونه‌ها، پیشانی و بینی) اندازه‌گیری شد. در ۵ دقیقه پایانی، شرکت کنندگان یک پرسشنامه استاندارد خستگی را پر کردند که به عنوان پرسشنامه استاندارد خستگی کارکنان (MFI) شناخته می‌شود.



تصویر ۲- مسیر انجام پژوهش در مطالعه حاضر

مبانی نظری

آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی: آسایش حرارتی به عنوان رضایت ساکنین از محیط حرارتی تعریف می‌شود که با ارزیابی ذهنی قابل ارزیابی است. تحقیقات در مورد آسایش حرارتی برای چندین دهه مورد بحث قرار گرفته است زیرا ارائه یک محیط حرارتی مناسب برای ساکنان ساختمان ضروری است. راهنمای سازمان جهانی بهداشت در مورد آسایش حرارتی تاکید می‌کند که محیط حرارتی نه تنها با آسایش انسان بلکه با سلامت و بهره وری ساکنان نیز مرتبط است. در این راستا، یک مرکز مراقبت‌های بهداشتی به دلیل آسیب پذیری ساکنان، که در معرض خطر علائم سلامتی، سندرم ساختمان بیمار و بیماری‌های تنفسی هستند، بسیار حیاتی است (Sattayakorn,2017). اطمینان از آسایش حرارتی مناسب برای کارکنان مراقبت‌های بهداشتی برای ایجاد یک محیط کاری بهینه ضروری است (Ma.etal.2023). با توجه به نیازهای متنوع بیماران و کارکنان، امکانات بیمارستانی باید انواع محیط‌های داخلی را ایمن کنند. آسایش حرارتی، به عنوان یک معیار مهم طراحی برای کیفیت محیط داخلی، بر فرآیندهای بهبودی بیماران و رفاه کارکنان پزشکی تأثیر می‌گذارد (Yuan.etal,2022). گرچه عموماً تصور می‌شود که بیماران نسبت به تغییرات محیطی حرارتی داخلی حساس‌تر هستند، مطالعات نشان داده‌اند که کارکنان مراقبت‌های بهداشتی محدوده‌های تحمل آسایش حرارتی باریک‌تری دارند(Ma.etal,2023). آسایش حرارتی، که یکی از مهم‌ترین عوامل برای افزایش راحتی و رضایت ساکنان در محیط‌های داخلی محسوب می‌شود، به درک رضایت‌بخش فرد از محیط حرارتی مربوط می‌شود, علاوه بر این، آسایش حرارتی به‌عنوان یک معیار طراحی ضروری عمل می‌کند که بر روند بهبودی بیماران، سلامت کارکنان پزشکی و بازدیدکنندگان تأثیر می‌گذارد (Guan.etal,2024).

سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی: مجموعه گسترده‌ای از تحقیقات ارتباط قوی بین کیفیت محیطی مراقبت‌های بهداشتی فیزیکی و مزایای سلامتی و رفاه کاربران بیمارستان را گزارش می‌دهند (Schweitzer.etal,2004)(Gaminiesfahani.etal,2020). ویژگی‌های اساسی جسمی و روانی–اجتماعی بیمارستان‌ها در ارتباط با پیامدهای سلامت عینی و ادراکی ساکنان بیمارستان‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. این ویژگی‌های محیطی به هم مرتبط هستند و بر شفا تأثیر می‌گذارند (Zhang.etal,2019). سازگاری حرارتی به یک موضوع مهم در مطالعات محیط‌های حرارتی داخلی و خارجی تبدیل شده است. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که ادراکات و ترجیحات ساکنان برای محیط‌های حرارتی به‌دلیل تفاوت در تنظیمات رفتاری، سازگاری فیزیولوژیکی با آب و هوا، و عادت یا انتظارات روان‌شناختی به‌طور قابل توجهی متفاوت است (Lin ,2009). سازگاری با گرما، که ارتباط نزدیکی با آمادگی جسمانی و تجربه حرارتی کارکنان دارد (Dong .etal,2022) نقش مهمی در مقابله با چالش‌های حرارتی ایفا می‌کند. سلامت حرارتی به واکنش فوری بدن به استرس گرمایی محیطی اشاره دارد که تعریف آن ریشه در تعامل بین شدت استرس گرمایی محیطی و توانایی‌های تنظیم حرارت بدن دارد (Cramer.etal,2022). یک محیط بهداشتی حرارتی به یک محیط حرارتی اشاره می‌کند که در آن کارکنان در وضعیت سلامت حرارتی قرار بگیرند (Khovalyg,2022).

احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی: خستگی وضعیتی است که اغلب در جمعیت شاغل تجربه می‌شود. میزان خستگی به عنوان اثر جدایی ناپذیر کار حرفه‌ای در نظر گرفته می‌شود. اگر تلاش انجام شده در حین کار بیش از ظرفیت انطباقی بدن باشد، کارکنان روز بعد با احساس خستگی برای انجام وظایف خود باز می‌گردند (Kulczycka. etal,2016). عوامل تعیین کننده بروز و شدت خستگی, ظرفیت بدن (سلامت، سطح فعالیت، خواب)، محیط (سطح صدا، رطوبت، دما) و استعدادهای روانی مانند میزان علاقه به فعالیت انجام شده، استرس، ناامیدی‌ها است (Eldevik.etal,2013). کارکنان فضاهای درمانی با سطوح بالایی از خستگی روبرو هستند، به طوری که ۵۰.۲٪ خستگی مزمن ناشی از کار را گزارش کردند، و ۸۴.۹٪ از کارکنان هم خستگی جسمی و روحی را تجربه کردند (Abdul Rahman.etal,2017)(Cai.etal,2018). خستگی ناشی از کار موضوع مهمی است که بر عملکرد کارکنان مراقبت بهداشتی تأثیر می‌گذارد و به صورت خستگی جسمی و روانی ظاهر می‌شود (Raftopoulos.etal,2012). همچنین به دلیل عملکرد شغلی، کارکنان مراقبت‌های بهداشتی با سطوح بالایی از استرس، نارضایتی شغلی، خستگی ذهنی، فرسودگی شغلی و فرسودگی روانی مواجه هستند (Adams.etal,2020). بارهای کاری بالا اغلب منجر به خستگی در میان کارکنان مراقبت‌های بهداشتی می‌شود می‌تواند و منجر به افزایش خطای انسانی شود و کارکنان و بیماران را در معرض خطر قرار دهد (Alsayed.etal,2020). ساعات طولانی کار مداوم، فرصت‌های کمتر برای استراحت و نوبت کاری، در میان متخصصان شاغل در بخش مراقبت‌های بهداشتی رایج است که همگی به طور قابل‌توجهی به اختلال در عملکرد فیزیکی، شناختی و عاطفی کمک می‌کنند. اثرات مضر شامل سه دسته بندی اصلی، سلامت و رفاه شخصی، سلامت و ایمنی بیمار، انجام وظایف مرتبط با شغل می‌شود (Judith.2017).

یافته‌های تحقیق

(یافته‌های بخش پیش‌بینی احتمال بروز سازگاری حرارتی)

با توجه به نتیجه به دست آمده از برازش رگرسیون لوجستیک مقدار آماره لگاریتم درستنمایی (-2log likelihood) برابر ۱۰/۵۹۵ به دست آمده که با توجه به آزمون اوم نی باس[1] که برابر (Chi-square(1)=16.326, p=0.000<0.01) به دست آمده می‌توان گفت که برازش مدل در سطح خطای یک درصد، یک برازش مناسب می‌باشد. جدول ۱، طبقه بندی پیش‌بینی شده بر اساس مدل به دست آمده برای مشاهدات را نشان می‌دهد که بر اساس آن صحت پیش بینی مدل[2] (ACC) برابر ۸۰ درصد به دست آمده که با توجه به آن می‌توان گفت ۸۰ درصد از مشاهدات به درستی توسط مدل رگرسیونی طبقه بندی شده اند. از طرفی مقدار حساسیت[3] (True Positive Rate) مدل برابر ۸۳/۳ به دست آمده که نشان می‌دهد ۸۳/۳ درصد از افرادی که احساس سازگاری حرارتی داشته‌اند به درستی تشخیص داده شده‌اند. همچنین مقدار ویژگی[4] (True Negative Rate) مدل برابر ۷۵/۰۰ گزارش شده که نشان می‌دهد ۷۵/۰۰ درصد از افراد که احساس سازگاری حرارتی نداشته‌اند به درستی تشخیص داده شده‌اند.

1 Omnibus Test
2 Accuracy rate
3 Sensitivity
4 Specificity

جدول ۱- جدول طبقه بندی (Classification Table)

		پیش‌بینی سطوح متغیر وابسته		صحت کلاسه‌بندی
		سازگاری دارد	سازگاری ندارد	
مشاهدات متغیر وابسته احساس سازگاری حرارتی	سازگاری دارد	۱۰	۲	۸۳/۳
	سازگاری ندارد	۲	۶	۷۵/۰۰
	درصد کل			۸۰/۰۰

جدول ۲ متغیرهای معنی‌دار بر اساس روش پیشرو نسبت درستنمایی[1] در برازش مدل رگرسیونی لوجستیک نشان می‌دهد. با توجه به مقدار آماره والد[2] برای متغیر وضعیت احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی حین انجام کار که برابر ۵/۱۰۶ به دست آمده می‌توان گفت که در سطح خطای یک درصد آزمون معنی دار است (P<0.05) و این متغیر تاثیر معنی داری بر احتمال بروز سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی دارد. از طرفی متغیر گروه دی‌اکسیدکربن موجود در هوا با مقادیر (1100PPM با تهویه مکانیکی و 1800PPM بدون تهویه مکانیکی)، عملکرد شناختی و میزان ضربان قلب کارکنان فضاهای درمانی تاثیر معنی‌داری بر این احتمال بروز سازگاری حرارتی کارکنان نداشته (P>0.05) و بر اساس روش برازش پیشرو نسبت درستنمایی حذف گردیده است.

جدول ۲- جدول ضرایب مدل رگرسیونی لوجستیک

متغیرهای مستقل	ضریب تاثیر	انحراف معیار	آماره والد	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	نسبت شانس (OR)
مقدار ثابت	-۷/۲۵۲	۳/۳۱۳	۴/۷۹۳	۱	۰/۰۲۹	۰/۰۰۱
احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی	۰/۵۷۹	۰/۲۵۶	۵/۱۰۶	۱	۰/۰۲۴	۱/۷۸۵

از طرفی نتایج به دست آمده ضریب تاثیر متغیر وضعیت احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی برابر ۰/۵۷۹ می‌باشد که مقدار به دست آمده بیانگر این موضوع می‌باشد که با تغییر این متغیر از احساس خستگی بالای ذهنی به عدم احساس خستگی ذهنی کارکنان فضاهای درمانی احتمال بروز احساس سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی حین انجام کار کاهش می‌یابد و این احتمال را به میزان ۱/۷۸۵ کاهش می‌دهد.

نتایج به دست آمده از مدل رگرسیونی در مورد متغیرهای احساس خستگی ذهنی، متغیر گروه دی‌اکسیدکربن موجود در هوا با مقادیر (1100PPM با تهویه مکانیکی و 1800PPM بدون تهویه مکانیکی)، متغیر عملکرد شناختی و متغیر میزان ضربان قلب در پیش بینی احتمال بروز سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی حین انجام کار مطابق فرمول زیر مورد بررسی قرارگرفتند.

$$\log(\frac{p}{1-p}) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots \beta_k X_k$$

$p=$ احتمال بروز قرارگیری کارکنان فضاهای درمانی در محدوده سازگاری حرارتی

$X_{1=}$ احساس خستگی ذهنی کارکنان

$X_{2=}$ دی‌اکسیدکربن موجود در هوا

$X_{3=}$ عملکرد شناختی کارکنان

$X_{4=}$ ضربان قلب کارکنان

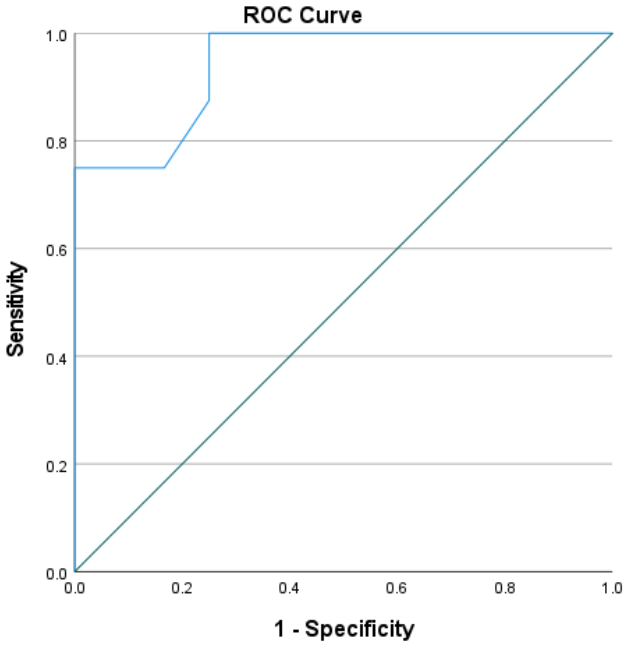
$$\log(\frac{p}{1-p}) = 7.831 + 0.579 X_1 (1)$$

جدول ۳- سطح زیر منحنی مشخصه راک (ROC)

سطح زیر منحنی	انحراف معیار	سطح معنی‌داری	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	
			کران بالا	کران پایین
۰/۹۴۳	۰/۰۵۰	۰/۰۰۱	۱/۰۰۰	۰/۸۴۶

1 Forward Likelihood Ratio
2 Wald

جدول ۳ نتایج برازش منحنی مشخصه راک را نشان می‌دهد که بر اساس آن مقدار مساحت زیر منحنی برابر ۰/۹۴۳ به دست آمده که در سطح خطای ۱ درصد معنی دار است. نتایج به دست آمده بیانگر این است که مدل رگرسیونی در پیش بینی عضویت گروهی احساس سازگاری حرارتی کارکنان فضاهای درمانی حین انجام کار عملکرد مناسبی را داشته است. این مطلب را در تصویر ۳ که منحنی مشخصه راک[1] را نشان می‌دهد نیز می‌توان مشاهده کرد که بر اساس آن مساحت زیر منحنی نزدیک به مقدار یک به دست آمده است.



تصویر ۳ – منحنی مشخصه راک

نتایج (یافته‌های بخش احساس آسایش حرارتی کارکنان)

جدول ۴ شامل میانگین و انحراف معیار مربوط به متغیرها در هر گروه می‌باشد که بر اساس آن میانگین احساس آسایش حرارتی کارکنان در فضاهای درمانی بر اساس سطوح فاکتور سطوح فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا برای گروه‌های 1800 (ppm) و 1100 (ppm) به ترتیب برابر ۱/۶۰، ۰/۲۰ به دست آمد. بیشترین میانگین میزان احساس آسایش حرارتی کارکنان در فضاهای درمانی به میزان ۱/۸۰ برای مقادیرسطوح فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن 1800 (ppm) موجود در هوا در میان افراد جنسیت زنان به دست آمد.

جدول ۴- میانگین و انحراف معیار احساس آسایش حرارتی کارکنان ($\overline{X} \pm \sigma$)

سطوح فاکتور جنسیت افراد	سطوح فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا	
	1800 (ppm)	1100 (ppm)
مرد	۱/۴۰±۰/۴۵۷	۰/۲۰±۰/۴۴۷
زن	۱/۸۰±۰/۴۴۷	۰/۲۰±۰/۴۴۷
کل	۱/۶۰±۰/۵۱۶	۰/۲۰±۰/۴۲۱

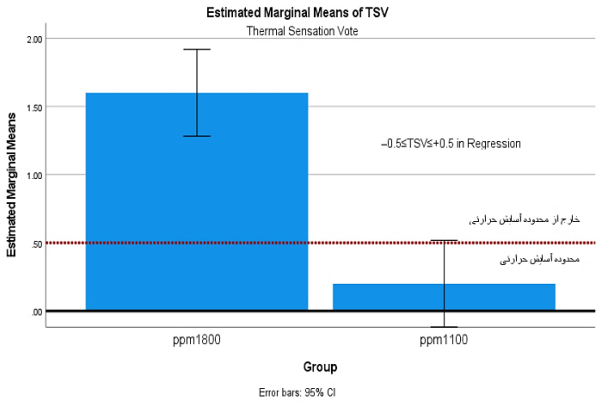
یکی از فروض انجام تحلیل واریانس، یکنواختی واریانس‌های گروه‌های مورد مطالعه می‌باشد که با توجه به مقدار آماره لوین که برابر ۰/۵۶۱ بدست آمده در سطح خطای ۵ درصد دلیلی بر رد یکنواختی واریانس گروه‌ها وجود ندارد (Sig=0.648>0.05). بنابراین با انجام تحلیل واریانس می‌توان به بررسی تفاوت بین گروه‌های مورد مطالعه پرداخت. جدول ۵ نتایج تحلیل واریانس دوطرفه را برای گروه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد.

1 ROC Curve

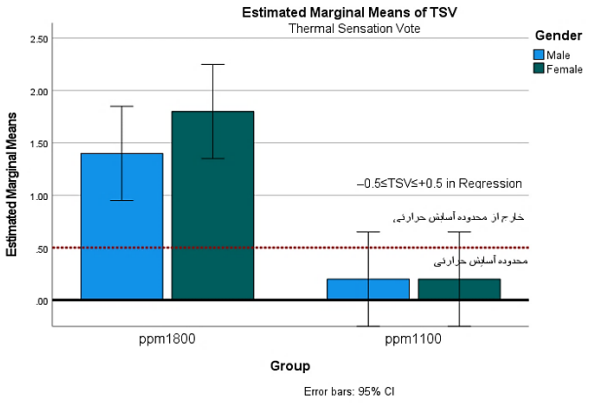
جدول ۵- نتایج تحلیل واریانس احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجات آزادی	میانگین مجموع مربعات	مقدار آماره فیشر	سطح معنی‌داری (Sig)
سطوح فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا	۹/۸۰۰	۲	۹/۸۰۰	۴۳/۵۵۶	۰/۰۰۱
سطوح فاکتور جنسیت	۰/۲۰۰	۱	۰/۲۰۰	۰/۸۸۹	۰/۳۶۰
اثر متقابل فاکتور دی‌اکسیدکربن موجود در هوا در جنسیت افراد	۰/۲۰۰	۱	۰/۲۰۰	۰/۸۸۹	۰/۳۶۰
خطا	۳/۶۰۰	۱۶	۲۳/۳۰۴		
مجموع	۳۰/۰۰۰	۲۰			

بر اساس جدول شماره ۵، با توجه به مقادیر آماره فیشر و سطح معنی‌داری به دست آمده برای سطوح فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا برابر ($F(1,16)=9.800$, $Sig=0.001<0.05$) به دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا تاثیر معنی داری بر احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی دارند. همچنین نتایج تحلیل واریانس نشان داد فاکتور جنسیت کارکنان و اثر متقابل سطوح فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا و جنسیت کارکنان به ترتیب با مقادیر ($F(1,16)=0.200$, $Sig=0.360>0.05$) و ($F(1,16)=0.200$, $Sig=0.360>0.05$) بر احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی تاثیر معنی‌داری ندارند. بنابراین فرضیه این که مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا بر احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی اثرگذار است، مورد تایید قرار می‌گیرد و فرضیه اینکه فاکتور جنسیت کارکنان و اثر متقابل وهمزمان فاکتور مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا و جنسیت بر احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی اثرگذار است، مورد تایید قرار نمی‌گیرد. نمودار۱ و ۲ نمودار اثر متقابل این فاکتورها را بر احساس آسایش حرارتی را نشان می‌دهند. بر اساس نمودار۱، می‌توان دریافت که مقادیر دی‌اکسیدکربن (ppm) 1800 موجود در هوا تاثیرات متفاوتی را بر احساس آسایش حرارتی کارکنان داشته و سبب عدم سازگاری حرارتی کارکنان حین انجام کار شده است.



تصویر ۴- نمودار اثر مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا بر احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی



تصویر ۵- نمودار اثر مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا در میان جنسیت افراد بر احساس آسایش حرارتی کارکنان فضاهای درمانی

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، که خستگی ذهنی یک پیش‌بینی کننده معنادار و مؤثر بر سازگاری حرارتی کارکنان فضای درمانی است، به‌طوری‌که کاهش خستگی ذهنی می‌تواند احتمال سازگاری حرارتی را تا ۱.۷۵۸ برابر افزایش دهد. این یافته بر اهمیت مدیریت عوامل روان‌شناختی و توجه به سلامت ذهنی پرسنل برای ارتقای رفاه و بازدهی کاری در محیط‌های درمانی تأکید می‌کند. از سوی دیگر، غلظت دی‌اکسیدکربن نیز تأثیر مستقیمی بر آسایش حرارتی دارد، به‌گونه‌ای که سطوح بالاتر CO_2 (حدود ۱۸۰۰ ppm در شرایط بدون تهویه مکانیکی) با کاهش محسوس احساس آسایش حرارتی همراه بوده است. بنابراین، کنترل و نظارت بر کیفیت هوا و حفظ غلظت CO_2 در محدوده مطلوب، برای تأمین آسایش حرارتی در این فضاها ضروری به نظر می‌رسد. در نهایت، اگرچه جنسیت تأثیر آماری معناداری بر آسایش حرارتی نشان نداد، ولی توجه

به تفاوت‌های فردی و جنسیتی در طراحی محیط‌های کاری درمانی می‌تواند به ایجاد شرایط مطلوب‌تر کمک کند. در مجموع، این مطالعه بر لزوم رویکردی یکپارچه، شامل مدیریت عوامل محیطی (مانند کیفیت هوا) و توجه به وضعیت روانی کارکنان، برای دستیابی به محیط‌های درمانی سالم‌تر، کارآمدتر و دارای آسایش حرارتی مطلوب تأکید می‌نماید.بنابراین، این موضوع به یک نگرانی مبرم تبدیل شده است، که تحقیقات و توجه بیشتر سازمان‌های بهداشت و درمان و سیاست گذاران را ایجاب می‌کند. مطالعات متعددی در زمینه ی وضعیت آسایش حرارتی و بررسی نقش خستگی ذهنی در پیش بینی احتمال بروز سازگاری حرارتی و کنترل سطوح CO_2 در محیط‌های مراقبت‌های بهداشتی انجام شده است که در ادامه به برخی از آن ها اشاره می‌شود.

لیانگ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش به بررسی تاثیر آسایش حرارتی بر احساس خستگی کارکنان پرداختند به این نتیجه رسیدند که، آسایش حرارتی به طور قابل توجهی بر سطح خستگی تجربه شده توسط کارکنان اداری تأثیر می‌گذارد. به طور خاص، زمانی که محیط حرارتی خنثی یا کمی گرم است، بهبود کلی در عملکردهای شناختی وجود دارد که به طور غیرمستقیم نشان دهنده کاهش سطح خستگی است. برعکس، محیط‌هایی که از این منطقه آسایش حرارتی منحرف می‌شوند، به‌ویژه شرایط سردتر، ممکن است منجر به افزایش خستگی کوتاه‌مدت شوند، اگرچه سرما می‌تواند جنبه‌های شناختی خاصی مانند تفکر را تقویت کند. بر اساس یافته‌های پژوهش شارما و همکاران (۲۰۲۴)، حفظ دمای محیط داخلی ساختمان در حدود ۲۳.۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند در مدیریت و کاهش خستگی ذهنی و جسمی مؤثر واقع شود. این تنظیم دمایی، نیاز به تلاش مضاعف برای سازگاری با شرایط گرم‌تر یا سردتر را به حداقل می‌رساند و در نتیجه سطح خستگی کلی افراد را کاهش می‌دهد. در مجموع، دما به عنوان عاملی تأثیرگذار بر میزان خستگی شناخته می‌شود، به‌طوری که ایجاد یک محیط حرارتی بهینه (در این مطالعه حدود ۲۳.۵ درجه سانتی‌گراد) از طریق افزایش احساس راحتی، کاهش بار ذهنی و تثبیت حالات روحی، به کاهش قابل‌توجه سطح خستگی منجر می‌گردد. یوان و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی که به بررسی آسایش حرارتی کارکنان بیمارستان پرداختند و به این نتیجه رسیدندکه، آسایش حرارتی تأثیر قابل‌توجهی بر رفاه کارکنان پزشکی دارد و شرایط آسایش حرارتی قابل قبول به شدت به نوع و سطح فعالیت‌های کارکنان بستگی دارد و سیستم‌های تهویه نقش مهمی در حفظ یک محیط راحت حرارتی دارند. بر اساس پژوهش لیو و همکاران (۲۰۱۷) که به بررسی تأثیر دما بر احساس خستگی پرداخته‌اند، قرارگیری در معرض دمای هوای بالا به‌طور قابل‌توجهی سطح خستگی را افزایش می‌دهد. این شرایط منجر به تجربه‌ی احساس گرما، خواب‌آلودگی و تشدید نشانه‌های ناخوشی در افراد می‌شود. بر اساس یافته‌های پژوهش تانابه و همکاران (۲۰۰۷)، دمای نسبتاً بالا در محیط‌های داخلی می‌تواند به افزایش خستگی ذهنی در کارکنان منجر شود. در چنین شرایطی، برای حفظ سطح عملکردی مشابه با حالت خنثی از نظر حرارتی، نیاز به جریان خون مغزی بیشتری احساس می‌گردد. قرارگیری طولانی‌مدت در معرض هوای گرم می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد شغلی افراد داشته باشد. این یافته‌ها، اهمیت توجه به «هزینه حفظ عملکرد» از جمله عوامل خستگی و تلاش ذهنی را در ارزیابی بهره‌وری نیروی کار برجسته می‌سازد. بر اساس پژوهش کرازبی و همکاران، رابطه‌ی بین غلظت دی‌اکسیدکربن و آسایش حرارتی مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها حاکی از آن است که غلظت بالاتر دی‌اکسیدکربن با کاهش احساس آسایش حرارتی همراه است. به‌طور مشخص، در دمای داخلی ۲۳.۵ درجه سانتی‌گراد، احتمال رضایت ساکنان از شرایط حرارتی از ۰.۶۲ در غلظت ۵۵۰ PPM دی‌اکسیدکربن، به ۰.۲۸ در غلظت ۷۵۰ PPM کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهد که سطح دی‌اکسیدکربن می‌تواند به عنوان یک متغیر زمینه‌ای مهم در پیش‌بینی آسایش حرارتی ادراک‌شده در فضاهای داخلی ساختمان‌ها در نظر گرفته شود.

یافته‌های این مطالعه، بینش‌های ارزشمندی برای بهینه‌سازی محیط‌های فیزیکی و روان‌شناختی مراکز درمانی ارائه می‌دهد و چارچوبی اثربخش برای ارتقای کیفیت محیط کار و نتایج مراقبتی پیشنهاد می‌کند.

از جنبه مدیریت محیطی و مهندسی فضا، نتایج به وضوح نشان می‌دهد که کنترل فعال کیفیت هوای داخلی، به‌ویژه پایش و کاهش غلظت دی‌اکسیدکربن به سطوح بهینه (کمتر از ۱۱۰۰ ppm)، یک اقدام ضروری و مؤثر برای افزایش آسایش حرارتی کارکنان است. این امر مستلزم طراحی یا ارتقای سیستم‌های تهویه مکانیکی کارآمد و تدوین پروتکل‌های نظارتی مداوم برای پارامترهای اقلیمی در بخش‌های مختلف بیمارستان‌ها و کلینیک‌هاست. سرمایه‌گذاری در این زیرساخت‌ها نه تنها رفاه پرسنل را بهبود می‌بخشد، بلکه با کاهش خطاهای ناشی از ناراحتی و تمرکز پایین، به طور مستقیم بر ایمنی بیمار تأثیر می‌گذارد. از منظر مدیریت منابع انسانی و سلامت سازمانی، تأثیر قوی خستگی ذهنی بر سازگاری حرارتی، اهمیت مداخلات روان‌شناختی و سازمانی را پررنگ می‌سازد. اجرای برنامه‌های مدیریت استرس، طراحی چرخه‌های کاری متعادل، ایجاد فضای مناسب برای استراحت‌های کوتاه و ترویج فرهنگ مراقبت از سلامت روان در محیط کار، می‌تواند تاب‌آوری کارکنان را افزایش دهد. کاهش خستگی ذهنی، پیامد دوگانه‌ای دارد: هم سازگاری پرسنل با شرایط محیطی را بهبود می‌بخشد و هم بازدهی و دقت حرفه‌ای آنان را ارتقا می‌دهد. این موضوع، یک پیروزی دوطرفه برای سازمان است که هم به نفع کارکنان و هم به نفع بیماران تمام می‌شود.

در سطح خط‌مشی‌گذاری و طراحی یکپارچه، این پژوهش بر لزوم فراتر رفتن از نگاه جزیره‌ای تأکید می‌کند. موفقیت در ایجاد یک محیط درمانی ایده‌آل، در گرو همکاری بین‌بخشی میان واحدهای مهندسی و نگهداری تاسیسات، مدیریت منابع انسانی و مدیران بالینی است. تدوین دستورالعمل‌های جامع محیط کار که هر دو بُعد عینی (کیفیت هوا، دما، نور) و ذهنی (بار کاری، استرس، پشتیبانی روانی) را پوشش دهد، یک گام کلیدی است. چنین رویکردی نه‌تنها رضایت شغلی و ماندگاری کارکنان را افزایش می‌دهد، بلکه با ایجاد محیطی آرام و متمرکز، تجربه بیمار را نیز بهبود بخشیده و در بلندمدت به کارایی عملیاتی و برتری بالینی مؤسسه منجر می‌شود. درنتیجه، این مطالعه نشان می‌دهد که محیط درمانی مطلوب، محصول تعامل هوشمندانه بین «تأسیسات»، «افراد» و «فرآیندها» است. سرمایه‌گذاری همزمان در فناوری‌های تهویه و پایش محیط و نیز برنامه‌های حمایت از سلامت روان پرسنل، یک استراتژی سودمند است که بازده آن در قالب کارکنان سالم‌تر، بیماران راضی‌تر و یک سازمان تاب‌آور و پربازده متجلی می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Omnibus Test
2. Accuracy rate
3. Sensi
4. Specificity
5. Forward Likelihood Ratio
6. Wald
7. ROC Curve

منابع

- فتاحی، کارن، و بیگی، مریم.(۱۴۰۳). ارزیابی وضعیت عملکرد شناختی کارکنان و تعیین دامنه آسایش حرارتی جنسیت‌های مختلف در بیمارستان‌های شهر ایلام، *فصلنامه علمی تخصصی طب کار*، ۱۶ (۳) ، ۲۷-۴۱.
- کریمی، علی رضا، بیات، آتوسا، محمد زاده، نگار، مهاجرانی، مصطفی، و یگانه، منصور. (۱۴۰۲). تحلیل خرداقلیمی آسایش حرارتی فضای باز ساختمان‌های بلندمرتبه با پیکربندی‌های مختلف در تهران: بینش‌هایی از بررسی‌های میدانی و شاخص‌های آسایش حرارتی، *ساختمان و محیط زیست*،۲۴۰، ۱۱۰۴۴۵.
- Adams, J. G., & Walls, R. M. (2020). Supporting the health care workforce during the COVID-19 global epidemic. *Jama*, *323*(15), 1439-1440.
- Alsayed, S. A., Abou Hashish, E. A., & Alshammari, F. (2022). Occupational fatigue and associated factors among Saudi nurses working 8-hour shifts at public hospitals. *SAGE open nursing*, *8*, 23779608221078158.
- Bazazan, A., Dianat, I., Mombeini, Z., Aynehchi, A., & Jafarabadi, M. A. (2019). Fatigue as a mediator of the relationship between quality of life and mental health problems in hospital nurses. *Accident Analysis & Prevention*, *126*, 31-36.
- Cai, S., Lin, H., Hu, X., Cai, Y. X., Chen, K., & Cai, W. Z. (2018). High fatigue and its associations with health and work related factors among female medical personnel at 54 hospitals in Zhuhai, China. *Psychology, health & medicine*, *23*(3), 304-316.
- Cramer, M. N., Gagnon, D., Laitano, O., & Crandall, C. G. (2022). Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. *Physiological reviews*
- Crosby, S., & Rysanek, A. (2022). Predicting thermal satisfaction as a function of indoor CO2 levels: Bayesian modelling of new field data. *Building and Environment*, *209*, 108569.
- Dong, Y., Shi, Y., Liu, Y., Rupp, R. F., & Toftum, J. (2022). Perceptive and physiological adaptation of migrants with different thermal experiences: A long-term climate chamber experiment. *Building and Environment*, *211*, 108727.
- Fujii, H., Fukuda, S., Narumi, D., Ihara, T., & Watanabe, Y. (2015). Fatigue and sleep under large summer temperature differences. *Environmental Research*, *138*, 17-21.
- Fujii, H., Fukuda, S., Narumi, D., Ihara, T., & Watanabe, Y. (2015). Fatigue and sleep under large summer temperature differences. *Environmental Research*, *138*, 17-21.

- Gaminiesfahani, H., Lozanovska, M., & Tucker, R. J. H. H. E. R. (2020). A scoping review of the impact on children of the built environment design characteristics of healing spaces. *HERD: Health environments research & design journal*, *13*(4), 98-114.
- Guan, R., Lu, J., Peng, Z., Ma, S., Deng, W., Zhang, Z., ... & He, T. (2024). Thermal comfort of healthcare facilities in China: A review. *Building and Environment*, *265*, 111927.
- Gupta, R., O'Brien, J., Howard, A., & Cudmore, T. (2018). *Improving productivity in the workplace: lessons learnt and insights from the Whole Life Performance Plus project*. Low Carbon Building Research Group, Oxford Brookes University and LCMB Building Performance Limited.
- Khovalyg, D., & Ravussin, Y. (2022). Interindividual variability of human thermoregulation: Toward personalized ergonomics of the indoor thermal environment. *Obesity*, *30*(7), 1345-1350.
- Kulczycka, K., Grzegorczyk-Puzio, E., Stychno, E., Piasecki, J., & Strach, K. (2016). Wpływ pracy na samopoczucie ratowników medycznych. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, *22*(1).
- Liang, Y., Yu, J., Xu, R., Zhang, J., Zhou, X., & Luo, M. (2024). Correlating working performance with thermal comfort, emotion, and fatigue evaluations through on-site study in office buildings. *Building and Environment*, *265*, 111960.
- Lin, T. P. (2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and environment*, *44*(10), 2017-2026.
- Liu, W., Zhong, W., & Wargocki, P. (2017). Performance, acute health symptoms and physiological responses during exposure to high air temperature and carbon dioxide concentration. *Building and Environment*, *114*, 96-105.
- Ma, S., Deng, W., Lu, J., Zhou, T., & Liu, B. (2023). Investigation of thermal comfort and preferred temperatures for healthcare staff in hospitals in Ningbo, China. *Journal of Building Engineering*, *80*, 108029.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology*, *106*(3), 857-864.
- Owens, J. A. (2007). Sleep loss and fatigue in healthcare professionals. *The Journal of perinatal & neonatal nursing*, *21*(2), 92-100.
- Pageaux, B., & Lepers, R. (2018). The effects of mental fatigue on sport-related performance. *Progress in brain research*, *240*, 291-315.
- Pasupathy, K. S., & Barker, L. M. (2012). Impact of fatigue on performance in registered nurses: Data mining and implications for practice. *The Journal for Healthcare Quality (JHQ)*, *34*(5), 22-30.
- Poola, V. P., Reid, A., & Mellinger, J. D. (2022). Fatigue in Surgery: Managing an Unrealistic Work Burden. *The SAGES Manual of Quality, Outcomes and Patient Safety*, 813-831.
- Raftopoulos, V., Charalambous, A., & Talias, M. (2012). The factors associated with the burnout syndrome and fatigue in Cypriot nurses: a census report. *BMC public health*, *12*(1), 457.
- Raftopoulos, V., Charalambous, A., & Talias, M. (2012). The factors associated with the burnout syndrome and fatigue in Cypriot nurses: a census report. *BMC public health*, *12*(1), 457.
- Rahman, H. A., Abdul-Mumin, K., & Naing, L. (2017). Psychosocial work stressors, work fatigue, and musculoskeletal disorders: comparison between emergency and critical care nurses in Brunei Public Hospitals. *Asian nursing research*, *11*(1), 13-18.
- Sattayakorn, S., Ichinose, M., & Sasaki, R. (2017). Clarifying thermal comfort of healthcare occupants in tropical region: A case of indoor environment in Thai hospitals. *Energy and buildings*, *149*, 45-57.
- Schweitzer, M., Gilpin, L., & Frampton, S. (2004). Healing spaces: elements of environmental design that make an impact on health. *Journal of Alternative & Complementary Medicine*, *10*(Supplement 1), S-71.
- Seol, M. J., Lee, B. S., Lee, S. K.. (2018). Effects of labor intensity and fatigue on sleep quality of clinical nurses. *Journal of Korean Academy of Nursing Administration*, *24*(4), 276-287.

- Sharma, V., Mathur, J., & Mathur, S. (2024). Impact of indoor thermal environment on human thermal comfort, psychological response, and performance during winter in Jaipur, India. *Building and Environment*, *261*, 111706.
- Shen, K. Q., Li, X. P., Ong, C. J., Shao, S. Y., & Wilder-Smith, E. P. (2008). EEG-based mental fatigue measurement using multi-class support vector machines with confidence estimate. *Clinical neurophysiology*, *119*(7), 1524-1533.
- Tanabe, S. I., Nishihara, N., & Haneda, M. (2007). Indoor temperature, productivity, and fatigue in office tasks. *Hvac&R Research*, *13*(4), 623-633.
- Techera, U., Hallowell, M., Stambaugh, N., & Littlejohn, R. (2016). Causes and consequences of occupational fatigue: meta-analysis and systems model. *Journal of occupational and environmental medicine*, *58*(10), 961-973.
- Van Hoof, J., Mazej, M., & Hensen, J. L. (2010). Thermal comfort: research and practice. *Frontiers in Bioscience*, *15*(2), 765-788.
- Yuan, F., Yao, R., Sadrizadeh, S., Li, B., Cao, G., Zhang, S., ... & Short, C. A. (2022). Thermal comfort in hospital buildings–A literature review. *Journal of Building Engineering*, *45*, 103463.
- Zhang, Y., Tzortzopoulos, P., & Kagioglou, M. (2019). Healing built-environment effects on health outcomes: Environment–occupant–health framework. *Building research & information*, *47*(6), 747-766.
- Zheng, P., Liu, Y., Wu, H., & Wang, H. (2024). Non-invasive infrared thermography technology for thermal comfort: A review. *Building and Environment*, *248*, 111079.

Assessment of thermal comfort and the role of mental fatigue in predicting the likelihood of thermal adaptation in healthcare workers

Karen Fatahi*, *Department of Architecture, II.c., Islamic Azad University, Ilam, Iran*
Maryam Beigi, *Department of Architecture, II.c., Islamic Azad University, Ilam, Iran*
Ali Omranipour, *Department of Architecture, Faculty of Architecture, University of Tehran, Tehran, Iran*

Received: 2024/12/22 *Accepted: 2025/2/12*

Extended abstract

Introduction: Thermal comfort and mental fatigue are critical factors influencing the performance and well-being of healthcare workers in clinical environments. This study examines the interplay between thermal comfort, mental fatigue, and thermal adaptation among medical staff working in therapeutic spaces. Specifically, it investigates how mental fatigue affects thermal adaptation and how carbon dioxide (CO_2) concentrations influence perceived thermal comfort. Understanding these relationships is essential for designing healthcare environments that support both staff efficiency and patient safety.

Methodology: The research employed a controlled experimental design conducted in a specialized clinic laboratory in Ilam, Iran. A sample of 20 medical personnel working in an underground laboratory was randomly divided into two groups. Participants were exposed to two distinct CO_2 concentration conditions: 1100 ppm with mechanical ventilation and 1800 ppm without mechanical ventilation. During the experiment, physiological parameters (heart rate) were recorded alongside subjective assessments of thermal comfort (using the ASHRAE standard questionnaire) and fatigue levels (using the Multidimensional Fatigue Inventory, MFI). Data analysis involved logistic regression modeling to predict thermal adaptation and two-way ANOVA to assess the effects of CO_2 levels and gender on thermal comfort.

Results: The findings revealed that mental fatigue significantly predicts thermal adaptation among healthcare workers (Wald statistic = 5.80, $p < 0.01$). Specifically, an increase in mental fatigue was associated with a higher likelihood of thermal adaptation, with an impact coefficient of 0.579. Reducing mental fatigue could decrease the probability of thermal adaptation by 75.8%. In contrast, CO_2 levels, cognitive performance, and heart rate did not show a significant influence on thermal adaptation ($p > 0.05$). Regarding thermal comfort, CO_2 concentration had a significant effect ($F(1,16) = 9.800$, $p = 0.001$), where higher CO_2 levels (1800 ppm without ventilation) were associated with reduced thermal comfort. Gender and the interaction between gender and CO_2 levels did not significantly affect thermal comfort.

Conclusion: This study highlights the critical role of mental fatigue in shaping thermal adaptation among healthcare workers, emphasizing the need for interventions aimed at reducing mental fatigue to improve workplace well-being and efficiency. Additionally, controlling indoor CO_2 concentrations is vital for maintaining thermal comfort in healthcare settings. These insights underscore the importance of integrating psychosocial and environmental factors into the design and management of healthcare facilities. Future policies and organizational strategies should prioritize mental health support and indoor air quality control to foster a safer, more comfortable, and productive working environment for medical staff.

Keywords: Thermal comfort, thermal adaptation, mental fatigue, healthcare workers.

* Corresponding Author's E-mail: karenfatahi@yahoo.com