فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۰/ شماره ۳/ پاییز ۱۳۹۹ صفحات ۲۵۱-۲۶۲

مروری بر تاثیر تنش های حرارتی بر عملکردهای شناختی

میلاد عباسی، مهران پورحسین، حمزه محمدی، فریده گلبابایی*

گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۶

چکیده

مقدمه: مطالعات زیادی در زمینه بررسی اثر تنش های حرارتی بر عملکردهای شناختی انجام شده است اما نتایج متناقضی در این زمینه وجود دارد. لذا این مطالعه به منظور مروری بر تاثیر تنش های حرارتی بر عملکرد های شناختی انجام گردید.

روش کار: در این مطالعه مروری، کلیه مقالات چاپ شده به زبان انگلیسی در زمینه تاثیر تنش های حرارتی بر عملکرد های شناختی، ادراک و سایکوموتور از سال ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور جستجوی نظام مند مقالات با استفاده از کلمات کلیدی استرس یا تنش حرارتی، عملکرد شناختی، حافظه، استرین گرمایی، درک، سایکوموتور، زمان واکنش، عملکرد ذهنی، حالت یا خلق وخو، پاسخ ذهنی، خطا، عملکرد وظیفه، خستگی، هوشیاری، هایپرترمی و گرمازدگی در پایگاه های اطلاعاتی Scopus, Web of Science, Science Direct, Pub Med, Springer, Wiley Online Library و ProQuest انجام گردید. از ۱۵۷ بازیابی شده مرتبط با موضوع، در نهایت با توجه به معیارهای ورودی تعیین شده ۳۹ مقاله مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته ها: در این میان ۹ (۲۳٪) مقاله در سالهای قبل از ۲۰۰۰ میلادی و ۳۰ مطالعه بعد از ۲۰۰۰ میلادی به چاپ رسیده بودند. از تعداد کل مقالات، ۵/۱٪(۲ مقاله) در ورزشکاران، ۱۰/۲٪ (۴ مقاله) در مشاغل مختلف، ۱۰/۲٪ (۴ مقاله) در دانشجویان، ۱۰/۲٪ (۴ مقاله) در سربازان نظامی و ۶۴/۲٪ (۲۵ مقاله) در افراد عادی انجام شده بودند. براساس نتایج این مطالعات تنش حرارتی های بعنوان یک عامل زیان آور جهت افت عملکرد شناختی اعم از درک مطلب، حافظه، تمرکز، محاسبات ریاضی، تست ردیابی، زمان واکنش، دریافت و رمزگشایی پیام متنی و عددی، هوشیاری بصری، محاسبات ذهنی، خواندن متن، تست اشکال پنهان و تسلط کلامی شناسایی شدند.

نتیجه گیری: براساس نتایج این مطالعات استرس حرارتی بعنوان یک عامل زیان آور جهت اختلال در عملکردهای شناختی معرفی شده است اما توصیف نتایج مطالعات به یک روش سیستماتیک کار دشواری است زیرا متغیرهای مخدوش کننده زیادی از قبیل نوع کار، مدت زمان مواجهه، مهارت و سطح سازش فرد ایفای نقش می کنند.

کلمات کلیدی: *استرس حرارتی، تنش حرارتی، عملکرد شناختی، سایکوموتور، عملکرد ذهنی.*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *fgolbabaei@tums.ac.ir*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

مقدمه

تنش حرارتی در بسیاری از موقعیت های شغلی در حال تبدیل شدن به یک عامل خطرناک برای انسان و بویژه کارگران است (۱-۳). مواجهه با گرما و محیط های گرم، کارگران را در معرض خطر استرس گرمایی قرار می دهد که این به نوبه خود می تواند منجر به بیماری های وابسته به گرما و حتی مرگ شود (۴). دمای بالا موجب اختلال در عملکرد سیستم عصبی-عضلانی (۵-۷)، سیستم هوازی (۸) و اختلال در عملکرد شناختی (۹-۱۵) می شود. همچنین در دمای بالا افزایش خستگی (۵-۷) و کاهش کاتکول امین و سایر هورمونهای استرسی مشهود است (۱۶, ۱۷). شرایط کاری در مواجهه با تنش گرمایی می تواند باعث اثرات متعددی در بدن گردد از جمله این اثرات می توان به شوک گرمایی، خستگی گرمایی، سنکوپ گرمایی، کرامپ گرمایی و راش گرمایی اشاره کرد (۱۸, ۱۹). همچنین گرما در محیط کار می تواند بطور مستقیم یا غیرمستقیم بر متابولیسم فرد یا دمای بدن، ضربان قلب و فشارخون اثر گذاشته و باعث اختلال، بیماری و بالا رفتن میزان خطای کاری و در نهایت بروز حوادث شود (۲۰-۲۳). با توجه به مطالب فوق ذکر پاسخ های فیزیولوژیکی بدن انسان به گرما و تنش های حرارتی به خوبی شناسایی و مستند شده اند اما اثرات تنش های حرارتی بر توانایی های شناختی انسان بخوبی درک نشده است اگرچه مطالعات آزمایشگاهی زیادی نیز در این حوزه انجام گردیده است. کاهش عملکرد شناختی در محیط های گرم بخوبی مشهود است اما تغییرات فیزیولوژیک دارای آستانه تحمل بالاتری هستند، بنابراین در مشاغل دارای درجاتی از باز شناختی، کارگرانی که با گرمای محیط کار مواجهه دارند پیش از آنکه استرس گرمایی محیط کار، عملکرد شناختی آنها را تحت تاثیر قرار دهد را باید از کار بازداشت. استاندارد های شغلی مواجهه با تنش های حرارتی در محیط های گرم سعی دارند حدود مجاز را براساس معیارهای فیزیولوژیکی و پزشکی تنظیم نمایند (۲۴, ۲۵). اما به دلایل قانع کننده توجه به اثرات تنش های حرارتی در محیط های گرم بر توانایی های شناختی بسیار حائز اهمیت است. درک بهتر عملکرد های شناختی تحت شرایط گرمایی که بازتاب وضعیت سلامت ذهنی انسان است، نه تنها می تواند در تعریف یک حدود مجاز شغلی کمک کننده باشد بلکه می تواند در بهبود کیفیت زندگی اجتماعی و همچنین بهبود محیط های شغلی موثر باشد. یک ارتباط مثبت و روشن بین تنش های حرارتی و رفتارهای نا ایمن کارگران نیز وجود دارد. در این مورد Ramsey و همکاران بیان کردند در یک کارخانه ریخته گری با شاخص WBGT ۱۷ تا ۲۳ درجه سانتیگراد، کارگران داری حداقل اعمال ناایمن بودند، اما اعمال ناایمن با افزایش درجه حرارت به بالای ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش یافت (۲۶). بنابراین جهت افزایش ایمنی در میحط های کاری، ارزیابی عملکردهای شناختی و سایکوموتور کارگران امری بسیار حیاتی می باشد. همچنین افزایش پیچیدگی های صنعتی و شغلی در جهان کنونی موجب افزایش بار کار ذهنی تحمیل شده بر اپراتورهای انسانی شده است (۲۷) که به نوبه خود موجب افزایش خطای انسانی می شود. همانطور که در تحقیقات تعاملات جدید تکنولوژی و انسان تمرکز بر روی پیشگیری از خطاهای انسانی بوده است، آنالیز عملکردهای شناختی نیز تحت شرایط پر تنش برای تعیین پارامترهای طراحی محیط کاری بسیار قابل توجه است زیرا بخش بزرگی از کارهای انجام شده در محیط های شغلی دارای ماهیتی شناختی است. بطور کلی مطالعات کمی به بررسی توانایی های شناختی تحت شرایط استرس حرارتی پرداخته اند و دانش کمی در این زمینه وجود دارد. بر همین اساس تلاش های زیادی برای ایجاد یک حدود مجاز شغلی مبتنی بر عملکردشناختی و نه تنها عملکرد فیزیولوژیکی صورت گرفت (۲۸-۳۰). لذا این مطالعه نیز بمنظور مروری بر اثرات استرس حرارتی بر عملکرد های شناختی انجام گردید.

روش کار

در این مطالعه مروری، کلیه مقالات چاپ شده به زبان انگلیسی در زمینه تاثیر تنش های حرارتی بر عملکرد های شناختی، ادراک و سایکوموتور از سال ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

جستجوی نظام مند مقالات با استفاده از کلمات کلیدی سترس یا تنش حرارتی، عملکرد شناختی، حافظه، استرین گرمایی، درک، سایکوموتور، زمان واکنش، عملکرد ذهنی، حالت یا خلق وخو، پاسخ ذهنی، خطا، عملکرد وظیفه، خستگی، هوشیاری، هایپرترمی و گرمازدگی در پایگاه های اطلاعاتی Scopus, Web of Science, Science Direct, Pub Med, Springer, Wiley Online Library و ProQuest انجام گردید. نتایج بدست آمده شامل ۱۵۷ مطالعه بود که در نهایت با توجه به معیارهای ورودی تعیین شده ۳۹ مقاله مورد بررسی قرار گرفتند

برای دستیابی به مقالات نهایی جهت بررسی، مقالات مروری، سرمقاله، نامه به سردبیر، مقالات ارائه شده در کنفرانس ها و گزارشات از مطالعه حاضر حذف شدند. با توجه به تعداد معدود مطالعاتی که به بررسی اثر انفرادی تنش حرارتی بر عملکرد شناختی پرداخته بودند، لذا در این تحقیق تمام مطالعاتی که به بررسی اثر توامان پارامترهای دیگر مانند مواجهه با صدا، انجام فعالیت های فیزیکی و ورزشی شدید، داشتن پوشش هایی مانند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و یا مصرف مایعات در کنار تنش حرارتی بر عملکرد پرداخته بودند، مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین مطالعاتی که صرفا به بررسی اثرات فیزیولوژیکی ناشی از مواجهه با تنش حرارتی پرداخته بودند حذف شدند. مطالعات حیوانی نیز بدلیل عدم مشابهت فرآیندهای شناختی انسان و حیوانات حذف گردیدند. سایر معیارهای ورود به مطالعه عبارت بودند از:

- بیان صریحی از بررسی تجربی و روش کار خود
- در اختیار گذاشتن اطلاعات کافی از پارامترهای محیطی
- مواجهه کل بدن افراد مورد مطالعه با گرما
- گزارش دادن حداقل یکی از معیارهای عملکرد شناختی
- در اختیار گذاشتن اطلاعات کافی از نتایج تست عملکرد

یافته ها

از ۱۵۷ مقاله بازیابی شده مرتبط با موضوع، در نهایت ۳۹ مقاله با توجه به معیارهای ورودی در این مطالعه استفاده شد. در این میان ۹ (۲۳٪) مقاله در سالهای قبل از ۲۰۰۰ میلادی به چاپ رسیده بودند. مشخصات مقالات به تفکیک نویسندگان، افراد مورد مطالعه، شاخص های استرس حرارتی و دمای اندازه گیری شده، مدت زمان مواجهه، متغیرهای شناختی مورد بررسی و نتایج بدست امده از مطالعه در جدول ۱ آمده است. براساس نتایج حاصل از جستجوی پایگاه های اطلاعاتی، تعداد ۳۰ مطالعه که در سالهای بعد از ۲۰۰۰ میلادی به چاپ رسیده بودند یافت شد. از این تعداد ۶/۶٪(۲ مقاله) در ورزشکاران، ۱۳/۳٪ (۴ مقاله) در مشاغل مختلف، ۱۳/۳٪ (۴ مقاله) در دانشجویان، ۱۳/۳٪ (۴ مقاله) در سربازان نظامی و ۵۳/۳٪(۱۶ مقاله) در افراد عادی انجام گرفته است. همانطور که در جدول ۲ آمده است، ۲۰ درصد مقالات بصورت میدانی انجام شده و سایر مقالات در محیط آزمایشگاهی و با شبیه سازی شرایط واقعی به انجام رسیده اند.

مرور مطالعات قبل از سال ۲۰۰۰ میلادی نشان داد که تمامی مطالعات در محیط آزمایشگاهی انجام شده اند. براساس نتایج این مطالعات تنش حرارتی بعنوان یک عامل زیان آور جهت اختلال در عملکرد شناختی اعم از درک مطلب، حافظه، تمرکز، محاسبات ریاضی، تست ردیابی، زمان واکنش، دریافت و رمزگشایی پیام متنی و عددی، هوشیاری بصری، محاسبات ذهنی، خواندن متن، تست اشکال پنهان و تسلط کلامی معرفی شد.

مطالعات متعددی پس از سال ۲۰۰۰ به بررسی تاثیر تنش های حرارتی در شرایط مشخص بر عملکرد شناختی پرداختند. در این مطالعات محققین به بررسی اثرات تنش های حرارتی در تعدادی از مشاغل پرداختند. در جدول ۲ نتایج این مطالعات به تفکیک گروه های مورد مطالعه، محیط مورد مطالعه، شرایط دمایی، متغیرهای مورد مطالعه و نتایج حاصله نشان داده شده است.

نتایج حاصل از جدول ۲ بیانگر این است که قرار گرفتن در معرض گرما منجر به افت جنبه های زیادی از عملکرد شناختی می شود. مطالعات انجام شده در گروه های مختلف اعم از نیروهای کار، ورزشکاران، داوطلبان

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

جدول ۱. بررسی متدولوژی و نتایج حاصل از مطالعات قبل از سال ۲۰۰۰ میلادی

نویسنده	افراد مورد مطالعه	شاخص های استرس حرارتی و دمای مورد نظر	مدت زمان مواجهه	متغیرهای شناختی مورد بررسی	نتایج بدست امده
Wyon et al (۳۱)	۳۶ زن و ۳۶ مرد	دمای هوای ۲۹-۲۰ سانتیگراد	۳ ساعت	درک مطلب، محاسبات ریاضی، حافظه	اثر منفی تنش حرارتی بر درک مطلب، حافظه، محاسبات ریاضی و تحریک پذیری.
Bell et al (۳۲)	میانسال ۶۴-زن و ۶۴ مرد میانسال	دمای محیطی ۲۲ یا ۳۷ درجه	۴۰ دقیقه	زمان واکنش و پیچیدگی کار	استرس اثر معنی داری بر زمان واکنش مردان و زنان داشت. این اثر در مردان کمتر از زنان بود. استرس حرارتی در مقایسه با پیچیدگی کار دارای اثر بزرگتری بود.
Nunneley et al (33)	۹ مرد	۲۵ و ۳۵/۲۶ و ۴۰/۳ درجه سانتیگراد محیطی	۲ ساعت	نرم افزار ردیابی کامپیوتری و پیچیدگی کار	بهبود در عملکرد کار سبک و عدم تغییر در کار با پیچیدکی متوسط و سنگین
Azer et al (34)	۲۱ دانشجوی پسر	مواجهه با دمای ۳۲/۲، ۳۵ و ۳۷/۸ درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی به ترتیب ۵۰، ۷۵ و ۵۰ درصد	۶ دوره مواجهه ۱۵ دقیقه ای با ۵ دقیقه استراحت	تست ردیابی و زمان واکنش	اثر منفی دمای ۹۵ فارنهایت با رطوبت ۷۵ در صد بر متغیرهای پاسخ و یکسان بودن آنها در سایر گروه های مواجهه
Fine et al (35)	۳۰ مرد	دمای ۳۳ درجه با ۸۸ درصد رطوبت	۷ ساعت	دریافت و رمزگشایی پیام متنی و عددی، محاسبات ریاضی	تمامی متغیرهای بطور مشابه تحت تاثیر اثر منفی دما قرار گرفتند.
Fraser et al (36)	۷ مرد	۴۷/۲ درجه سانتیگراد با ۵۰ درصد رطوبت	روزانه۲ ساعت به مدت ۵ روز	واکنش زمانی و ازمون هوشیاری بصری	اثر منفی دما بر متغیرهای پاسخ معنی دار بود.
Hygge et al (37)	۳۲ زن و ۳۲ مرد	۱۹ و ۲۷ درجه سانتیگراد توامان با مواجهه صوتی	۲ ساعت و ۲۰ دقیقه	محاسبات ذهنی، خواندن متن، تست اشکال پنهان، تسلط کلامی و زمان واکنش پنج گزینه ای.	افزایش سرعت در پاسخگویی صحیح به تست واکنش ۵ گزینه ای و تعامل آنتاگونیست بین دما و تست اشکال پنهان
Provins et al(38)	۲۰ مرد	دمای ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتیگراد بعنوان شرایط خنک و ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد بعنوان شرایط گرم	۲ ساعت و ۱۰ دقیقه	تست هوشیاری بصری و تست زمان واکنش	تغییر معکوس و منفی متغیرهای پاسخ بطور مستقیم و معنی داری به تغییر دمای بدن مرتبط است تا شرایط جوی.
Sharma et al(39)	۸ نفر	WBGT برابر با ۳۴ (یا دمای محیطی ۴۵ درجه سانتیگراد با رطوبت ۳۰ درصد بعنوان هوای گرم و خشک و ۳۹ درجه سانتیگراد با رطوبت ۶۰ درصد بعنوان هوای گرم و مرطوب)	۲ ساعت	تست تمرکز و حافظه	کاهش تمرکز و حافظه در دمای گرم و مرطوب بیشتر از گرم و خشک بود.

عادی و دانشجویان گویای این موضوع است که اثرات گرما صرفا محدود به یک گروه نیست بلکه تمامی افراد تحت شرایط مختلف از این عامل زیان آور متاثر خواهند بود اما این اثرات در گروه های شغلی بیشتر است. نتایج مطالعات فوق نشان می دهد که در سطوح پایین تر از حدود مجاز شغلی نیز می توانیم شاهد اثرات تنش های حرارتی بر عملکرد شناختی باشیم (۵، ۴۷، ۵۳، ۵۹). این امر می تواند به این دلیل باشد که حدود مجاز شغلی براساس پاسخ های فیزیولوژیک تبیین گردیده اند و پاسخ های ذهنی افراد در تعیین این حدود دخیل نبوده است. اگرچه در این مطالعات علاوه بر تنش های حرارتی نقش بار شناختی کار نیز مورد بررسی قرار گرفته است و اثرات تنش حرارتی از اثرات بار شناختی تفکیک نشده است که این امر نتیجه گیری واضح در مورد اثرات تنش های حرارتی بر عملکردهای شناختی را با مشکل روبرو خواهد کرد.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

بحث

مطالعه حاضر با هدف مرور مطالعات انجام گرفته در زمینه تاثیرات تنش های حرارتی بر عملکرد شناختی انجام گرفت. اکثریت قریب به اتفاق این مطالعات در محیط های آزمایشگاهی انجام شده اند که در آنها عملکرد شناختی تعدادی از افراد شرکت کننده تحت یک شرایط دمایی

جدول ۲. بررسی متدولوژی و نتایج حاصل از مطالعات بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی

نویسنده	گروه مورد مطالعه	محیط مورد مطالعه	رنج دما در مجموعه مقالات هر دسته	متغیرهای مورد مطالعه در مجموعه مقالات هر دسته	نتایج بدست امده از مجموعه مقالات طبقه بندی شده بر حسب افراد مورد مطالعه
Cian et al (40) Gaoua et al(41) Cheuvront et al(42) Tomporowski et al(43) Witterseh et al(44) Morley et al(45) D'anci et al(46) Færevik et al(47) Gaoua et al(48) Serwah et al(49) Mcmorris et al(50) Ganio et al(51) Schlader et al(52) Racinais et al(5) Simmons et al(53) Gaoua et al(11)	داوطلبان عادی	آزمایشگاهی	رنج دمایی در این مطالعات بطور کلی از ۳ درجه سانتیگراد تا ۵۰ درجه سانتیگراد بود.	حافظه بلند و کوتاه مدت، درک تفاوت، زمان واکنش، ردیابی، مطابقت با نمونه، هوشیاری بصری، تست پردازش اطلاعات بصری سریع، حافظه اندازه های فضایی، حافظه تشخیص الگو، منطق و استدلال گرامری، آزمون پردازش اجرایی، خستگی، صحت، اختلال در تمرکز، اختلال در فکر کردن، محاسبات ریاضی، تست تحمل استرس واکنش، تست حالات خلقی، شناسایی الگو و عملکرد اجرایی	- کاهش عملکرد کلی گروه مواجهه در مقایسه با گروه کنترل - حافظه عملکردی با گرما مختل می شود درحالیکه فرآیندهای توجه بدون تغییر باقی می ماند. - نتایج بیانگر اختلال در حافظه عملکردی بود اگر چه تغیرات توجه بدلیل استفاده از کلاه خنک کننده معنی دار نبود. - کاهش در تمرکز و عملکرد خوداظهار و افزایش ۵۶ درصدی نرخ خطا - افزایش تحریک پذیری - کاهش سطح هوشیاری - اگر چه عملکرد انجام کارهای ساده تحت تاثیر قرار نگرفت اما در کارهای پیچیده بطور معنی داری در محیط گرم با کاهش همراه بود. - در مدت زمان کمتر از ۹۰ دقیقه فعالیت، زمان واکنش انتخابی تحت تاثیر گرما قرار نگرفت. - استرس گرمایی دارای یک اثر مخرب بر عملکرد اجرایی مرکزی و درک حالات خلقی بود. - افزایش اضطراب و خستگی - افزایش سرعت واکنش پذیری و کاهش صحت می شود.
Hocking et al(2) Radakovic et al(54) Lieberman et al(55) Amos et al(56)	سربازان	آزمایشگاهی و میدانی	WBGT در محدوده ۱۶ تا ۲۹ درجه (مناطق گرمسیری)	یادگیری زبانی، توجه و تمرکز، حافظه عملکردی، سرعت پردازش اطلاعات، غربالگری موتور، پردازش سریع اطلاعات بصری، تست زمان واکنش، آزمون تطبیق با نمونه، منطق گرامری و حالات خلقی، تست سرعت و صحت، پرسشنامه اضطراب	- حافظه عملکردی، سرعت پردازش اطلاعات و بازیابی اطلاعات دچار نقصان شدند. - در افراد در معرض دمای بیشتر، تعداد پاسخ های غلط و همچنین تاخیر در پاسخ گویی افزایش یافت. - هوشیاری، زمان واکنش، توجه، حافظه و استدلال در افراد در معرض استرس حرارت دچار اختلال شدند. - تغییر حالات افراد شامل خستگی، سردرگمی، افسردگی و تنش. - کاهش عملکرد شناختی در سربازان سازش یافته مشهود بود اگرچه این کاهش عملکرد تا سطح خطرناکی ادامه نداشت.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

جدول ۲. بررسی متدولوژی و نتایج حاصل از مطالعات بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی

نویسنده	گروه مورد مطالعه	محیط مورد مطالعه	رنج دما در مجموعه مقالات هر دسته	متغیرهای مورد مطالعه در مجموعه مقالات هر دسته	نتایج بدست امده از مجموعه مقالات طبقه بندی شده بر حسب افراد مورد مطالعه
Taber et al(57) Hygge et al(58) Vasmatzidis et al(59) Edmonds et al(60)	دانشجویان	آزمایشگاهی	WBGT در محدوده ۲۲ تا ۳۴ درجه سانتیگراد	تست عملکرد مهارتی و آگاهی، توجه، حل مسئله، حافظه بلند مدت و شناختی، حافظه کوتاه مدت، محاسبات ریاضی، توجه بصری، تشخیص شنیداری، ردیابی ناپایدار، حالت خلق و خو	- در ۹۰ دقیقه ابتدای تست شبیه سازی خلبانی افت عملکرد مشاهده نشد. - حافظه بلند مدت تحت تاثیر اثر تعاملی صدا و استرس حرارتی قرار گرفت. - افزایش WBGT موجب افزایش افت عملکرد شناختی می شود. - مصرف آب مکمل موجب کاهش دمای بدن و افزایش عملکرد شناختی گردید.
Furtado et al(61) Chen et al(62) Berg et al(63) Mazlomi et al(64)	افراد شاغل در محیط های شغلی مختلف	میدانی	رنج دمایی اندازه گیری شده در این دسته از مطالعات در محدوده WBGT برابر با ۱۶ تا ۳۶ درجه بوده است.	- قرار دادن و برداشتن مهره و واشر، - پوشیده و در آوردن عایق ها - خستگی ذهنی و زمان واکنش - استرس شناختی - توجه و صحت	- بهره وری در حالتی که افراد از لباس های خنک کننده استفاده می کنند بیشتر است و تنش گرمایی می تواند بطور معنی داری بر بهره وری اثر بگذارد. - کارگران در محیط های گرمتر خستگی ذهنی و استرس شناختی بیشتری دارند. - در سطوح پایین تر از هیپوترمی، گرما موجب حواس پرتی جراحان می شود. - استرس حرارتی موجب اختلال در عملکرد شناختی می شود.
Sunderland et al(65) Bandelow et al(66)	ورزشکاران	میدانی و آزمایشگاهی	۳۰ تا ۴۶ درجه سانتیگراد	تست مهارت، حساسیت تصویری، سرعت، عملکرد دیداری-شنیداری، حافظه	- عملکرد مهارتی بازی هاکی بازیکنان در محیط گرم کاهش پیدا کرد. - نتایج نشان داد که از دست رفتن خفیف تا متوسط آب بدن بدنبال گرمای ناشی از فوتبال در محیط گرم تاثیر معنی داری بر عملکرد شناختی ندارد.

برای مدت زمان معینی مورد بررسی قرار گرفته است. عدم وجود یک رویکرد سیستماتیک در این مطالعات و همچنین تعداد زیاد متغیرهای گرمایی، فردی و آزمایشگاهی سبب شده است تا محققین نتوانند به صراحت اثر تنش های حرارتی بر عملکرد شناختی را گزارش نمایند (۶۷-۷۰). بعنوان مثال در بسیاری از مطالعات اثر مخرب تنش های حرارتی بر عملکرد شناختی گزارش شده است (۵, ۴۷, ۵۳, ۵۹, ۷۱, ۷۲) اما در تعدادی دیگر هیچ اثری مشاهده نشده (۳۳, ۷۳-۷۵) و یا اینکه تنش حرارتی موجب بهبود عملکرد شناختی شده است (۳۳, ۷۶-۷۸). بنابراین یافتن مجموعه ای از فاکتورهای اثر گذار بر عملکرد شناختی امری اساسی بنظر می رسد. پیچیدگی کار و وظایف یکی از مهمترین فاکتورهای شناخته شده در زمینه اعمال بار کار شناختی بر افراد می باشد. بطور کلی نشان داده شده است که عملکردهای ساده مانند زمان واکنش و نقل و انتقالات ذهنی کمتر متاثر از تنش های حرارتی هستند در حالی که عملکرد های پیچیده تر از قبیل هوشیاری، ردیابی و انجام همزمان چند وظیفه بیشتر تحت تاثیر قرار می گیرند (۷۹-۸۱). مهارت شخص نیز فاکتور دیگر است که در تعامل استرس حرارتی و عملکرد شناختی نقش بسزایی دارد. Hancock بیان کرد که اپراتورهایی که دارای مهارت بیشتری در انجام وظایف خود هستند

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

توانایی بیشتر برای تحمل اثرات گرما دارند. وی برای این مسئله سه توضیح ارائه داده است که ممکن ترین آن توسعه فرآیندهای خودمختار در عملکرد وظیفه است (۸۲). طول مدت مواجهه عامل دیگریست که در ارتباط تنش حرارتی و عملکرد شناختی داری تاثیر به سزایی است. بطور کلی انتظار می رود که مواجهه طولانی مدت با محیط های گرم و پر تنش موجب کاهش عملکرد شناختی شود اگر چه مواجهه کوتاه مدت تا حداکثر ۱۸ دقیقه نیز موجب بهبود عملکرد در انجام کارهای دوگانه می شود (۷۸). سطح سازش یافتگی افراد نیز فاکتور دیگری است که مورد توجه محققین قرار گرفته است اگرچه اثرات سودمند سازش کماکان برای محققین تا حدودی مجهول است (۶۸). ارتباط بین جنسیت و عملکرد شناختی نیز فاکتور دیگریست که شایسته بررسی های بیشتر است. برای مثال Wyon و همکاران بیان کردند که زمانی که نیاز به حافظه کوتاه مدت باشد زنان در مقایسه با مردان آستانه تحمل بالاتری در مواجهه با گرما دارند (۳۱). شواهدی نیز وجود دارد که انگیزه می تواند در خنثی سازی اثرات مواجهه با گرما موثر باشد. Pepler و همکاران بیان کردند که داشتن انگیزه بالا و همچنین دانش تخصصی همراه با تشویق جهت بهبود عملکرد می تواند موجب بهبود عملکرد افراد در شرایط گرمایی گردد (۸۳). Vasmatzidis و همکاران در یک سناریو کار پیچیده در یک محیط گرم با WBGT حداکثر ۳۴ درجه سانتیگراد نشان دادند که هیچ کاهش عملکردی در افرادی که دارای دانشی از یافته ها تخصصی هستند مشاهده نشد (۵۹). تفاوت در متدولوژی مطالعات انجام شده می تواند یکی از دلیل نتایج متناقض در این زمینه باشد. یکی از این موارد عدم اثر تنش حرارتی بر عملکرد هوشیاری در شرایط دمایی با دمای موثر حداکثر ۹۰ فارنهایت است (۸۴).

علیرغم وجود تعداد زیادی فاکتورهای مخدوش کننده اثر تنش گرمایی بر عملکرد شناختی، بسیاری از محققین تلاش نموده اند تا این اثرها را به شیوه ای سیستماتیک توضیح دهند. بر این اساس دو گرایش اصلی وجود دارد. در گرایش اول محققین بر این باور هستند که گرما بر عملکرد شناختی اثر می گذارد اما این اثر به نوع وظایف شناختی بستگی دارد. در ایالات متحده بمنظور تبیین یک استاندارد جهت محافظت از عملکرد ذهنی از منحنی نمایی وینگ استفاده کردند (۸۵) که در آن حد تحمل گرمایی بدون تفاوت قائل شدن در نوع وظایف شغلی و شناختی تعریف شده بود (۸۶). محققین در ادامه تلاش ها بمنظور دستیابی به یک حدود مجاز برای عملکرد شناختی، نوع شغل را نیز مدنظر قرار دادند بگونه ای که مشاغل با بار شناختی کم و زیاد، بترتیب شکست پذیری کمتر و بیشتری نسبت به تنش حرارتی داشتند (۲۹, ۳۰, ۷۹, ۸۱, ۸۷, ۸۸). در دومین گرایش محققین تمایل دارند که یک ارتباط بین دمای عمقی بدن و اثرات تنش گرمایی برقرار کنند. در ارتباط با عملکرد هوشیاری Hancock بیان کرد که حالت ترموفیزیولوژیک شخص فاکتور اصلی در پیش بینی عملکرد شناختی هوشیاری است (۸۹). براین اساس Hancock حالات گرمایی پایه ای بدن انسان را که عملکرد شخص در مواجهه با گرما را تعیین می کند به ۳ طبقه تقسیم کرد (۸۹):

۱- حالت دینامیک که در آن بار حرارتی اعمال شده موجب می شود که دمای عمقی بدن از سطح معیار راحتی بیشتر شود. در این حالت گرما در بدن تجمع یافته و موجب افت عملکرد می شود.

۲- حالت هایپرترمیک که در آن دمای بدن بصورت ثابت افزایش می یابد. بسیاری از مطالعات بیان می کنند که عملکردهای کنترلی در این حالت بهبود می یابند.

۳- حالتی که در آن دمای بیرونی به اندازه کافی بالا نیست که بتواند دماعی عمقی را افزایش دهد. در این حالت عملکرد هوشیاری ثابت باقی می ماند. بطور کلی حد بالای دمای محیطی که هیچ تغییری در دمای عمقی بدن ندارد برابر ۲۹/۴ درجه سانتیگراد (۸۵ درجه فارنهایت) است.

اگرچه چندین مدل روانشناختی جهت بررسی اثر تنش حرارتی بر عملکرد شناختی تدوین شده است (۹۰-۹۳) اما "تئوری برانگیختگی" بطور وسیعی در مطالعات

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

جهت توجیه این اثرات بکار رفته است. تئوری برانگیختگی یک ارتباط U معکوس بین عملکرد انسان و سطح تحریک برقرار می کند این ارتباط به قانون Yerkes-Dodson نیز مشهور است. براساس این تئوری هر چقدر که تحریک یا استرس به سمت یک سطح بهینه افزایش می باید عملکرد شناختی نیز افزایش می یابد. اگر افزایش تحریک بیشتر از سطح بهینه (جایی که عملکرد در حداکثر مقدار خود است) انجام گردد عملکرد بتدریج کاهش می یابد. با توجه به اثر گرما بر عملکرد، بسیار از محققین از همین ارتباط U معکوس استفاده کردند تا بتوانند یک ارتباط بین سطح برانگیختگی و شدت بار حرارتی محیطی برقرار کنند (۷۸, ۹۴-۹۶). بطور خلاصه با افزایش دما سطح تحریک نیز افزایش می یابد که به نوبه خود منجر به بهبود عملکرد شناختی می شود. از نقطه بحرانی به بعد افزایش دما با کاهش عملکرد همراه خواهد بود. Provins ابعاد پیچیدگی کار را بعنوان یکی از عوامل تعیین کننده تحریک معرفی کرد (۹۷). بنابراین در دماهای پایین کارهای با سطح تحریک کنندگی بالا از قبیل انجام دوگانه کارها نسبت به کارهای با سطح تحریک کنندگی پایین مانند وظایف شناختی ساده موجب افت عملکرد بیشتری می شوند. Ramsey and Kwon بین وظایف ذهنی و موتورهای ادراکی بسیار ساده با وظایف ادراکی بسیار پیچیده تمایز قائل شدند (۸۸). آنها نتیجه گرفتند که افزایش دما تا نزدیک سطحی که منجر به بهم ریختگی فیزیولوژیکی شود درکارهای ذهنی ساده منجر به افت عملکرد نمی شود. شواهدی وجود دارد که کارهای پیچیده تر نیز در محدوده ۳۳-۳۰ درجه سانتیگراد WBGT دچار افت عملکرد می شوند. براساس نظر Ramsey and Kwon استفاده از این حدود داری دو عیب است:

۱- آنها نشان دادند که کاهش قابل ملاحظه عملکرد در محیط آزمایشی لزوما به معنای از دست دادن توانایی انجام کار شناختی در شرایط عملی نیست.

۲- تعداد زیادی از متغیرهای مخدوش کننده وجود دارند که می توانند بر عملکرد کاری تاثیر گذار باشند و دارای یک تعامل با اثرات گرمایی باشند(۸۸).

Hancock and Vasmatzidis نیز بین هوشیاری، کار دوگانه، ردیابی و عملکرد ذهنی ساده تمایز قائل شدند و بیان کردند که هر کدام از این عملکردها با حدود مشخصی از مواجهه گرمایی کاهش می یابند (۲۹, ۳۰). براساس نظرات آنها کارهایی که داری نیازهای شناختی بیشتری هستند، حدود افت عملکرد پایین تری دارند.

استفاده از یک شاخص تنش حرارتی برای اندازه گیری شدت گرما در ارتباط با عملکرد شناختی امری حیاتی است. در بیشتر مطالعات انجام شده از شاخص دمای موثر استفاده شده است که یک شاخص ذهنی است. اما رویکرد جدید در مطالعات اخیر استفاده از شاخص WBGT است. اگرچه راه های متعددی برای تبدیل شاخص دمای موثر به WBGT وجود دارد اما علاوه بر خطاهای محاسباتی بازهم ایراداتی بر این روش ها جهت بررسی ارتباط WBGT با عملکرد شناختی وارد است. WBGT شاخصی است که گرمای تابشی را نیز مد نظر قرار می دهد و تاکنون مطالعه ای بر روی اثر گرمای تابشی بر عملکرد شناختی انجام نشده است و مطالعه در این مورد حیاتی است. با توجه به اینکه WBGT ترکیبی از دمای تر، خشک و گویسان است یک WBGT یکسان می تواند بدلیل داشتن ترکیب اجزای متفاوت اثرات متفاوتی را بر عملکرد شناختی بگذارد. بعنوان مثال در مطالعه Vasmatzidis و همکاران WBGT برابر با ۳۴ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد نسبت به همان مقدار با رطوبت ۳۰ درصد اثر بیشتری بر عملکرد تقسیم زمان دارد (۳۰).

نتیجه گیری

اکثر مطالعات انجام شده در زمینه بررسی اثر تنش های حرارتی بر عملکردهای شناختی مبیین یک ارتباط مثبت معنی دار است. بنابراین می توان اذعان داشت که افزایش مواجهه افراد با تنش های حرارتی موجب افت عملکردهای شناختی افراد بویژه در مشاغلی که دارای درجاتی از بار شناختی هستند، می شود. با توجه به این که اکثر مطالعات در شرایطی انجام شده اند که افراد

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

همزمان با مواجهه با گرما، در حال انجام وظایف یا تست های شناختی ساده و پیچیده بوده اند که این پیچیدگی ها خود می تواند عامل افت عملکرد شناختی افراد شود. بنابراین بطور کلی دانش در مورد اثر تنش های حرارتی بر عملکردهای شناختی کماکان ناقص است. عوامل متعددی از قبیل سن، جنسیت، تجربه، انگیزه و آموزش می توانند تاثیرات مهمی بر عملکرد شناختی داشته باشند از این رو نیاز به درک بهتر دارند.

REFERENCES

1. Mohr M, Nybo L, Grantham J, Racinais S. Physiological responses and physical performance during football in the heat. PLoS One. 2012;7(6):e39202.
2. Hocking C, Silberstein RB, Lau WM, Stough C, Roberts W. Evaluation of cognitive performance in the heat by functional brain imaging and psychometric testing. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. 2001;128(4):719-34.
3. Yazdanirad S, Kalantary S, Golbabaei F. Investigation of occupational studies performed by environmental heat stress indices in Iran: A systematic review. Health and Safety at Work. 2019;9(4):261-78.
4. Arbury S, Jacklitsch B, Farquah O, Hodgson M, Lamson G, Martin H, et al. Heat illness and death among workers - United States, 2012-2013. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2014;63(31):661-5.
5. Racinais S, Gaoua N, Grantham J. Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission. The Journal of physiology. 2008;586(19):4751-62.
6. Racinais S, Oksa J. Temperature and neuromuscular function. Scand J Med Sci Sports. 2010;20(s3):1-18.
7. Brazaitis M, Skurvydas A, Pukėnas K, Daniusevičiūtė L, Mickevičienė D, Solianik R. The effect of temperature on amount and structure of motor variability during 2-minute maximum voluntary contraction. Muscle Nerve. 2012;46(5):799-809.
8. Shansky RM, Lipps J. Stress-induced cognitive dysfunction: hormone-neurotransmitter interactions in the prefrontal cortex. Front Hum Neurosci. 2013;7:123.
9. Hancock P, Vasmatzidis I. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. Int J Hyperthermia. 2003;19(3):355-72.
10. Lieberman HR, Castellani JW, Young AJ. Cognitive function and mood during acute cold stress after extended military training and recovery. Aviation, space, and environmental medicine. 2009;80(7):629-36.
11. Gaoua N, Grantham J, El Massioui F, Girard O, Racinais S. Cognitive decrements do not follow neuromuscular alterations during passive heat exposure. Int J Hyperthermia. 2011;27(1):10-9.
12. Lenzuni P, Capone P, Freda D, Del Gaudio M. Is driving in a hot vehicle safe? Int J Hyperthermia. 2014;30(4):250-7.
13. Jiang Q, Yang X, Liu K, Li B, Li L, Li M, et al. Hyperthermia impaired human visual short-term memory: an fMRI study. Int J Hyperthermia. 2013;29(3):219-24.
14. Mohebian Z, Mehrifar Y, Dehghan H, Habibi E, Yadegarfar G. Investigating the combined effects of heat and lighting on students reaction time in laboratory condition. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2016;3(3):40-6.
15. HABIBI E, DEHGHAN H, YAZDANIRAD S, LOTFI S, HASSANZADEH A. The Impact of Heat on the Accuracy and Pace of Working by Tests of Job Skill Assessment. International Journal of Occupational Hygiene. 2017;9(2):99-104.
16. Brenner I, Shek P, Zamecnik J, Shephard R. Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. Int J Sports Med. 1998;19(02):130-43.
17. Walsh NP, Whitham M. Exercising in environmental extremes. Sports Med. 2006;36(11):941-76.
18. Schneider J, Dip G, editors. Identification and management of thermal stress and strain. Queensland Mining Industry Health and Safety Conference Proceedings, Central Queensland University; 1999.
19. (OSHA). OSaHD. Heat stress guide USA: Minnesota Department of Labor and Industry

2009.

20. M. W. Assessment of occupational heat strain [Phd thesis]. . USA: University of South Florida; . 2006.
21. Yazdanirad S, Dehghan H, Rahimi Y, Zeinodini M, Shakeriyan M. The relationship between overweight and

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

heart rate in hot and very hot weather under controlled conditions. Health Scope. 2015;4(4).
22. Zare M, Dehghan H, Yazdanirad S, Khoshakhlagh AH. Comparison of the Impact of an Optimized Ice Cooling Vest and a Paraffin Cooling Vest on Physiological and Perceptual Strain. Safety and health at work. 2019;10(2):219-23.
23. Dehghan H, Rad SY, Zare M. Comparing the Effect of Two Portable Cooling Vests on Physiological Parameters under Hot Laboratory Conditions. Iranian Journal of Health, Safety and Environment. 2019;6(2):1243-8.
24. (NIOSH) NIfOSAH. Occupational exposure to hot environments: Revised criteria,. Washington DC: US Government Printing Office. 1986;PublicationNo. 86–113.
25. International Standards Organization (ISO). . Hot environments—Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. Geneva: ISO; Standard , and 7933. 1989.
26. Ramsey JD, Burford CL, Beshir MY, Jensen RC. Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior. Journal of safety Research. 1983;14(3):105-14.
27. Hancock PA, Meshkati N. Human mental workload: Elsevier; 1988.
28. Hancock P. Performance criteria as exposure limits in heat stress. Trends in Ergonomics/Human Factors, IV. 1987:333-40.
29. Hancock PA, Vasmatzidis I. Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example. Ergonomics. 1998;41(8):1169-91.
30. Hancock P, Vasmatzidis I. On the behavioral basis for stress exposure limits: The foundational case of thermal stress. The occupational ergonomics handbook. 2000:1707-39.
31. Wyon DP, Andersen I, Lundqvist GR. The effects of moderate heat stress on mental performance. Scand J Work Environ Health. 1979:352-61.
32. Bell PA, Loomis RJ, Cervone JC. Effects of heat, social facilitation, sex differences, and task difficulty on reaction time. Hum Factors. 1982;24(1):19-24.
33. NuNNELEY SA, DowD PJ, Myhre LG, Stribley RF, Mcnee RC. Tracking-task performance during heat stress simulating cockpit conditions in high-performance aircraft. Ergonomics. 1979;22(5):549-55.
34. AZER NZ, Monall P, Leung HC. Effects of heat stress on performance. Ergonomics. 1972;15(6):681-91.
35. Fine BJ, Kobrick JL. Effects of altitude and heat on complex cognitive tasks. Hum Factors. 1978;20(1):115-22.
36. Fraser D, Jackson K. Effect of heat stress on serial reaction time in man. Nature. 1955;176(4490):976.
37. Hygge S. The interaction of noise and mild heat on cognitive performance and serial reaction time. Environ Int. 1991;17(4):229-34.
38. Provins K, Bell C. Effects of heat stress on the performance of two tasks running concurrently. J Exp Psychol. 1970;85(1):40.
39. Sharma V, Sridharan K, Pichan G, Panwar M. Influence of heat-stress induced dehydration on mental functions. Ergonomics. 1986;29(6):791-9.
40. Cian C, Barraud P, Melin B, Raphel C. Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. Int J Psychophysiol. 2001;42(3):243-51.
41. Gaoua N, Racinais S, Grantham J, El Massioui F. Alterations in cognitive performance during passive hyperthermia are task dependent. Int J Hyperthermia. 2011;27(1):1-9.
42. Cheuvront SN, Carter III R, Kolka MA, Lieberman HR, Kellogg MD, Sawka MN. Branched-chain amino acid supplementation and human performance when hypohydrated in the heat. J Appl Physiol. 2004;97(4):1275-82.
43. Tomporowski P, Beasman K, Ganio M, Cureton K. Effects of dehydration and fluid ingestion on cognition. Int J Sports Med. 2007;28(10):891.
44. Witterseh T, Wyon DP, Clausen G. The effects of moderate heat stress and open-plan office noise distraction on SBS symptoms and on the performance of office work. Indoor Air. 2004;14(s8):30-40.
45. Morley J, Beauchamp G, Suyama J, Guyette FX, Reis SE, Callaway CW, et al. Cognitive function following treadmill exercise in thermal protective clothing. Eur J Appl Physiol. 2012;112(5):1733-40.
46. D'Anci KE, Constant F, Rosenberg IH. Hydration and cognitive function in children. Nutr Rev. 2006;64(10):457-64.
47. Færevik H, Eidsmo Reinertsen R. Effects of wearing

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions. Ergonomics. 2003;46(8):780-99.
48. Gaoua N, Grantham J, Racinais S, El Massioui F. Sensory displeasure reduces complex cognitive performance in the heat. J Environ Psychol. 2012;32(2):158-63.
49. Serwah N, Marino F. The combined effects of hydration and exercise heat stress on choice reaction time. J Sci Med Sport. 2006;9(1):157-64.
50. McMorris T, Swain J, Smith M, Corbett J, Delves S, Sale C, et al. Heat stress, plasma concentrations of adrenaline, noradrenaline, 5-hydroxytryptamine and cortisol, mood state and cognitive performance. Int J Psychophysiol. 2006;61(2):204-15.
51. Ganio MS, Armstrong LE, Casa DJ, McDermott BP, Lee EC, Yamamoto LM, et al. Mild dehydration impairs cognitive performance and mood of men. Br J Nutr. 2011;106(10):1535-43.
52. Schlader ZJ, Gagnon D, Adams A, Rivas E, Cullum CM, Crandall CG. Cognitive and perceptual responses during passive heat stress in younger and older adults. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2015;308(10):R847-R54.
53. Simmons SE, Saxby BK, McGlone FP, Jones DA. The effect of passive heating and head cooling on perception, cardiovascular function and cognitive performance in the heat. European journal of applied physiology. 2008;104(2):271-80.
54. Radakovic SS, Maric J, Surbatovic M, Radjen S, Stefanova E, Stankovic N, et al. Effects of acclimation on cognitive performance in soldiers during exertional heat stress. Mil Med. 2007;172(2):133-6.
55. Lieberman HR, Bathalon GP, Falco CM, Kramer FM, Morgan CA, Niro P. Severe decrements in cognition function and mood induced by sleep loss, heat, dehydration, and undernutrition during simulated combat. Biol Psychiatry. 2005;57(4):422-9.
56. Amos D, Hansen R, Lau W-M, Michalski JT. Physiological and cognitive performance of soldiers conducting routine patrol and reconnaissance operations in the tropics. Mil Med. 2000;165(12):961-6.
57. Taber MJ, Dies NF, Cheung SS. The effect of transportation suit induced heat stress on helicopter underwater escape preparation and task performance. Appl Ergon. 2011;42(6):883-9.
58. Hygge S, Knez I. Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect. J Environ Psychol. 2001;21(3):291-9.
59. Vasmatzidis I, Schlegel RE, Hancock PA. An investigation of heat stress effects on time-sharing performance. Ergonomics. 2002;45(3):218-39.
60. Edmonds CJ, Crombie R, Ballieux H, Gardner MR, Dawkins L. Water consumption, not expectancies about water consumption, affects cognitive performance in adults. Appetite. 2013;60:148-53.
61. Furtado AL, Craig BN, Chard JT, Zaloom VA, Chu H-W. Cooling suits, physiological response, and task performance in hot environments for the power industry. Int J Occup Saf Ergon. 2007;13(3):227-39.
62. Chen M-L, Chen C-J, Yeh W-Y, Huang J-W, Mao I-F. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. AIHA Journal. 2003;64(3):352-9.
63. Berg RJ, Inaba K, Sullivan M, Okoye O, Siboni S, Minneti M, et al. The impact of heat stress on operative performance and cognitive function during simulated laparoscopic operative tasks. Surgery. 2015;157(1):87-95.
64. Mazlomi A, Golbabaei F, Farhang Dehghan S, Abbasinia M, Mahmoud Khani S, Ansari M, et al. The influence of occupational heat exposure on cognitive performance and blood level of stress hormones: A field study report. Int J Occup Saf Ergon. 2017;23(3):431-9.
65. Sunderland C, Nevill ME. High-intensity intermittent running and field hockey skill performance in the heat. J Sports Sci. 2005;23(5):531-40.
66. Bandelow S, Maughan R, Shirreffs S, Ozgünen K, Kurdak S, Ersöz G, et al. The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. Scand J Med Sci Sports. 2010;20(s3):148-60.
67. Kobrick J, Fine B. Climate and human performance. The physical environment at work. 1983:69-107.
68. Enander AE. Effects of thermal stress on human performance. Scand J Work Environ Health. 1989:27-33.
69. Enander AE, Hygge S. Thermal stress and human performance. Scand J Work Environ Health. 1990:44-50.
70. Ramsey JD. Task performance in heat: a review. Ergonomics. 1995;38(1):154-65.
71. Mohebian Z, Dehghan H, Habibi E. Studying the effect of heat stress on attention and reaction time in a laboratory setting. Health and Safety at Work. 2017;7(3):233-44.
72. Dehghan Shahreza H, Valipour F, Khalili Gorji H, Mahaki

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]

B. Effects of cooling vests on heat strain indicators and reaction time while wearing protective clothing against chemical, microbial, and radioactive contamination in hot and dry laboratory conditions. Iranian Journal of Ergonomics. 2016;3(4):11-20.
73. Bell C, Provins K, Hiorns R. Visual and auditory vigilance during exposure to hot and humid conditions. Ergonomics. 1964;7(3):279-88.
74. Dean Chiles W. Effects of elevated temperatures on performance of a complex mental task. Ergonomics. 1958;2(1):89-96.
75. Colquhoun W. Effects of raised ambient temperature and event rate on vigilance performance. Aerosp Med. 1969;40(4):413-7.
76. Colquhoun W, Goldman R. Vigilance under induced hyperthermia. Ergonomics. 1972;15(6):621-32.
77. Lovingood BW, Blyth CS, Peacock WH, Lindsay RB. Effects of d-amphetamine sulfate, caffeine, and high temperature on human performance. Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation. 1967;38(1):64-71.
78. Poulton E, Kerslake DM. Initial stimulating effect of warmth upon perceptual efficiency. Aerosp Med. 1965;36:29.
79. Grether W. Human performance at elevated environmental temperatures. Aerosp Med. 1973;44(7):747-55.
80. Hancock P. Heat stress impairment of mental performance: a revision of tolerance limits. Aviation, space, and environmental medicine. 1981.
81. Hancock PA. Task categorization and the limits of human performance in extreme heat. Aviation, space, and environmental medicine. 1982.
82. Hancock PA. The effect of skill on performance under an environmental stressor. Aviation, space, and environmental medicine. 1986.
83. Pepler R. Warmth and performance: An investigation in the tropics. Ergonomics. 1958;2(1):63-88.
84. Ramsey J, Halcomb C, Mortagy A. Self-determined work/rest cycles in hot environments. International Journal of Production Research. 1974;12(5):623-31.
85. Safety NIfO. Criteria for a Recommended Standard... Occupational Exposure to Hot Environments1972.
86. Wing JF. Upper thermal tolerance limits for unimpaired mental performance. Aerosp Med. 1965;36(10):960-4.
87. Ramsey J, Morrissey S. Isodecrement curves for task performance in hot environments. Appl Ergon. 1978;9(2):66-72.
88. Ramsey JD, Kwon YG. Recommended alert limits for perceptual motor loss in hot environments. Int J Ind Ergon. 1992;9(3):245-57.
89. Hancock PA. Sustained attention under thermal stress. Psychol Bull. 1986;99(2):263.
90. Teichner WH. Interaction of behavioral and physiological stress reactions. Psychol Rev. 1968;75(4):271.
91. Hamilton P, Hockey G, Rejman M. The place of the concept of activation in human information processing theory: An integrative approach. Attention and performance. 1977;6:463-86.
92. Sanders A. Towards a model of stress and human performance. Acta Psychol (Amst). 1983;53(1):61-97.
93. Hockey G, Hamilton P. The cognitive patterning of stress states. Stress and fatigue in human performance. 1983:331-62.
94. Griffiths I, Boyce P. Performance and thermal comfort. Ergonomics. 1971;14(4):457-68.
95. Poulton E. Arousing stresses increase vigilance. Vigilance: Springer; 1977. p. 423-59.
96. Wilkinson R, Fox R, Goldsmith R, Hampton I, Lewis H. Psychological and physiological responses to raised body temperature. J Appl Physiol. 1964;19(2):287-91.
97. Provins K. Environmental heat, body temperature and behaviour: an hypothesis. Aust J Psychol. 1966;18(2):118-29.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2024-11-23]