برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار به روش برآورد سیستماتیک بار کار (SWE) در کارگران مرد یک کارخانه تولید سازه های فلزی

الهام صابر[1]، ناصر حاجی‌تبار[2]، هادی دانشمندی[3]، علیرضا چوبینه[4]، مهدی مرادی[5]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در زمینه تناسب و تطابق کار با کارگر، دانستن بار کاری قابل قبول از اهمیت بالایی بر خوردار است. این مطالعه با هدف برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار و تعیین عوامل موثر بر آن در کارگران یک کارخانه تولید سازه‌های فلزی صورت پذیرفت.

روش‌ها: در این مطالعه مقطعی تمامی کارگران کارخانه فولاد پایه فارس که دارای کار دینامیک بودند (۱۰۰ نفر) مورد ارزیابی قرار گرفتند. بخشی از داده‌ها به وسیله پرسشنامه و بخشی دیگر از طریق چک لیست برآورد سیستماتیک بار کار (SWE) گردآوری شد. پرسشنامه مورد استفاده خود از دو قسمت تشکیل شده که بخش اول ویژگی‌های دموگرافیک و بخش دوم ویژگی‌های آنتروپومتریک و فیزیولوژیک فرد را شامل می‌شد.

یافته‌ها: میانگین و انحراف استاندارد سن در کارگران مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۳۰/۸۴ و ۶/۵۹ سال به دست آمد. انرژی مصرفی حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه برابر با ۰/۸۰۹±۲/۸۱ کیلوکالری در دقیقه برآورد شد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که بین انرژی مصرفی افراد حین انجام کار (کیلو کالری در دقیقه) و ضربان قلب در حالت استراحت و حین کار رابطه معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که بین انرژی مصرفی و قد، وزن و نمایه توده بدن ارتباط معنی‌داری وجود دارد، در صورتی که بین انرژی مصرفی حین انجام کار و سن و سابقه کار ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: از متغیرهایی همچون ضربان قلب حین استراحت و حین کار، قد، وزن و نمایه توده بدن می‌توان به عنوان عوامل موثر بر انرژی مصرفی حین انجام کار نام برد.

واژه‌های کلیدی: انرژی مصرفی حین انجام کار، برآورد سیستماتیک بار کار (SWE)، فولاد پایه فارس

ارجاع: صابر الهام، حاجی‌تبار ناصر، دانشمندی هادی، چوبینه علیرضا، مرادی مهدی. **برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار به روش برآورد سیستماتیک بار کار (SWE) در کارگران مرد یک کارخانه تولید سازه های فلزی.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۲؛ ۹(۱۲): ۱۲۷۳-۱۲۸۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۲۵**

۱. کارشناس بهداشت حرفه ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۲. کارشناس بهداشت حرفه ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۳. کارشناسی ارشد ارگونومی، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: daneshmand@sums.ac.ir

۴. استاد، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

۵. دانشجوی کارشناسی ارشد اپیدمیولوژی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

مقدمه

کار و انسان دو جز جدایی ناپذیرند که باید به گونه ای متناسب با یکدیگر برنامه ریزی شوند. نبود تطابق و تناسب میان توانمندی های انسان و نوع کاری که او انجام می دهد یا مسئولیتی که بر عهده وی نهاده می شود، سبب بروز مسائل و مشکلات بسیاری می شود (۱).

اگر چه دستگاه های خودکار مکانیکی می توانند تلاش ماهیچه ای سنگین را کاهش دهند، اما فعالیت های شدید هنوز در بعضی مشاغل مانند معدنکاری، ساختمان سازی، جنگلبانی و صنعت ماهیگیری بطور مکرر دیده می شود. کار شدید و مداوم تکراری باعث خستگی بیش از حد و احتمالا منجر به اختلال و یا حوادث شغلی می شود (۲).

در کشورهای صنعتی حدود ۲۰-۱۰درصد کارگران در مشاغلی استخدام می شوند که نیاز به کار ماهیچه ای فیزیکی دارد و در کشورهای در حال توسعه همه ی انواع کار ماهیچه ای متداول است (۱).

با ارزشیابی مقدار انرژی لازم برای انجام کار و سنجش ویژگی های فیزیولوژیک انسان می توان او را به کاری متناسب و در حد و اندازه های تحمل فیزیولوژیک گمارد (۳). دانستن بار کاری قابل قبول در زمینه تناسب کار با کارگر از اهمیت بالایی بر خوردار می باشد (۴،۵).

در حدود ۵۰ سال پیش دانشمندی به نام برادی (Broady) عنوان کرد که انسان همانند ماشین می تواند تا ۵۰ درصد بیشترین توانایی خود را در فعالیت های روزانه به مصرف برساند (۱). مدتی بعد آستراند (Astrand) اثبات کرد که اگر شخص در این حد از مصرف انرژی فعالیت کند، پس از انجام کار دچار وام اکسیژنی (Oxygen debt) می شود که برای جبران آن پس از پایان کار روزانه باید زمان زیادی را به استراحت بپردازد (۱،۶)، از این رو مقادیر کمتر از ۵۰ درصد را پیشنهاد کرد (۱). بدنبال این پیشنهادات بونجر (Bonjer) مقدار ۳۳ درصد بیشترین توانایی شخص را به عنوان حد قابل قبول مصرف انرژی پیشنهاد کرد که امروزه مورد پذیرش پژوهشگران و دانشمندان فیزیولوژی کار است (۱،۷).

کارهای جسمانی بر اساس درصدی از توان هوازی که اشغال می کنند به ۶ دسته خیلی سبک، سبک، متوسط، سنگین، خیلی سنگین و طاقت فرسا تقسیم بندی می شوند (۷،۸).

متابولیسم (انرژی مصرفی) به عنوان فرآیندی جامع برای تبدیل مواد غذایی و اکسیژن به کار مکانیکی تعریف می شود (۱۱-۹). روش های مختلفی جهت سنجش میزان متابولیسم و به دنبال آن تعیین میزان مصرف انرژی حین فعالیت وجود دارد (۹). یکی از روش های اندازه گیری متابولیسم، کالریمتری می باشد. در کل دو روش کمی برای سنجش کالری بکار می رود: ۱- کالریمتری مستقیم و ۲- کالریمتری غیر مستقیم (۱۲-۹).

درکالریمتری مستقیم از یک دستگاه کالریمتر برای سنجش میزان انرژی تولیدی فرد استفاده می شود. از معایب این روش می توان به هزینه ساخت بالا، سختی عملکرد و محدودیت فعالیت های فیزیکی به علت اندازه ی دستگاه، اشاره کرد (۱۰،۱۳).

لذا به منظور برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار می توان از روش پیش بینی کننده میزان متابولیک که یکی از روش های کالریمتری غیر مستقیم می باشد، بهره گرفت. بزرگترین مزیت این روش (پیش بینی کننده)، عدم تداخل با عملکرد کاری کارگر می باشد (۹).

یکی از این روش های پیش بینی نرخ متابولیک، برآورد سیستماتیک بار کار (Systematic Work Load Estimation یا SWE) است که توسط برفورد (Burford) و همکاران برای ارزیابی نرخ متابولیکی عملکرد کارگران در معادن زیر زمینی در سال ۱۹۸۴ تدوین شده است (۹).

تا کنون در کشور ما تحقیقات بسیار اندکی در زمینه بر آورد نرخ متابولیک حین انجام کار صورت گرفته است. از طرفی با توجه به مسائل و مشکلات مطرح شده در مورد روش های مستقیم اندازه گیری نرخ متابولیک، استفاده از روش های ساده، سریع و کم هزینه ارزیابی فیزیولوژیک کار مانند روش SWE ضروری به نظر می رسد. لذا این مطالعه با هدف

برآورد نرخ متابولیک افراد شاغل در شرکت فولاد پایه ی فارس حین انجام کار انجام شده است.

روش‌ها

در این مطالعه مقطعی، تمامی (بصورت سرشماری) افرادی که در کارخانه فولاد پایه فارس دارای کار دینامیک (منظور از کار دینامیک، کاری است که فرد به کار همراه با فعالیت جسمانی مشغول می باشد.)، حداقل ۱ سال سابقه کار و ۸ ساعت در روز به انجام کار مشغول بودند (۱۰۰ نفر)، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

در این مطالعه بخشی از داده ها به وسیله پرسشنامه و بخشی دیگر از طریق اندازه گیری مستقیم گردآوری گردید که در زیر به شرح آنها پرداخته شده است.

۱- پرسشنامه ویژگی های دموگرافیک:

این پرسشنامه شامل دو قسمت است که قسمت اول به صورت مصاحبه ی حضوری و قسمت دوم از طریق اندازه گیری پارامترهای لازم توسط محقق تکمیل می شد. قسمت اول پرسشنامه به سوالاتی در مورد سن، سابقه کار، ابتلا به بیماری خاص (بخصوص بیماری های قلبی- تنفسی حاد) و مصرف دارو اختصاص یافته و قسمت دوم پرسشنامه، خود از دو قسمت شامل اندازه گیری های آنتروپومتریک (قد، وزن و محاسبه نمایه توده بدن ((BMI (Body Mass Index)) و اندازه گیری های فیزیولوژیک (ضربان قلب حالت استراحت، ضربان قلب و میزان انرژی مصرفی حین انجام کار) تشکیل شده است.

۲- برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار با استفاده از روش SWE:

در این مطالعه از فرم های ثبت اطلاعات SWE استفاده گردید که شامل سه بخش می باشد:

بخش اول، شماره چک لیست، نام مشاهده گر، شماره (ID) و ویژگی های فیزیکی کارگر را شامل می شد.

بخش دوم، الگوی کد گذاری SWE می باشد که کد هایی برای ۴۵ حالت از فعالیت های بدنی، اعضای بدن و شدت کاری را فراهم می کند.

بخش سوم، مطالعه زمان و حرکت SWE است که فعالیت های کاری کارگر که در هر دقیقه انجام می شود، در آن تشریح و ثبت می شد. همچنین در این بخش کد برآورد نرخ انرژی مصرفی برای کاری که در حال انجام است در هر دقیقه ثبت می شد. لازم به ذکر است که میزان کالری برآورد شده از جدول مربوطه برای یک فرد ۷۰ کیلو گرمی می باشد و باید تصحیحات مربوط به وزن فرد نیز انجام شود. به این معنی که یک فرد ۷۰ کیلو گرمی X مقدار کیلو کالری انرژی حین انجام کار مصرف می کند، در مورد فرد Y کیلو گرمی این میزان چقدر است (۹).

به منظور ارزیابی انرژی مصرفی، هر کارگر به مدت ۳۰ دقیقه حین انجام کار مشاهده و فعالیت های کاری و نوع حرکت کارگر در هر دقیقه در قسمت مربوطه ثبت و طبق فرم الگوی کد گذاری SWE، کد متناسب با فعالیت کارگر توسط واکاوگر از بخش دوم برگه اطلاعاتی SWE استخراج و در قسمت مربوطه ثبت می شد. در پایان مشاهده با توجه به جدول ارزش الگویی SWE، کد های وارد شده را به مقدار کالری تبدیل کرده و سپس تصحیح وزن در مورد کالری استخراج شده انجام می گردید. نهایتا از تمام مقادیر کالری که در هر دقیقه بدست می آمد، میانگین محاسبه شد. این پارامتر (میانگین) میزان انرژی مصرفی کارگر حین انجام فعالیت بر حسب کیلو کالری در دقیقه می باشد. لازم به ذکر است که ارزیابی های مربوطه از ساعت ۸ صبح تا ۲ بعد از ظهر انجام گرفت.

پس از انجام آزمایشات، داده های گردآوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ی ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در این مطالعه به دلیل نرمال نبودن داده ها از آزمون های آماری ناپارامتریک استفاده گردید. از آزمون کروسکال ولیس به منظور تعیین اختلاف بین میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار (کیلوکالری در دقیقه) در بین گروه های مختلف و آزمون من ویتنی یو مستقل به منظور تعیین اختلاف میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار (کیلوکالری در دقیقه) در گروه های مختلف به صورت دو به دو استفاده شد.

۳- اندازه گیری قد، وزن و ضربان قلب:

الف) اندازه گیری قد: طول قد با استفاده از متر نواری در شرایط تعریف شده و استاندارد (۱۴) سنجش گردید.

ب) اندازه گیری وزن: اندازه گیری وزن با استفاده از ترازوی دیجیتال انجام شد.

لازم به ذکر است که قد و وزن کارگر با لباس سبک و بدون کفش و کلاه دستکش اندازه گیری شد.

ج) اندازه گیری ضربان قلب با استفاده از دستگاه ضربان سنج مدل beurer BC16 انجام شد.

یافته‌ها

افراد مورد مطالعه در این صنعت در شغل های مختلف شامل مونتاژ ۳۴٪، جوشکاری ۲۰٪، کمک مونتاژ ۱۴٪، اپراتور ۱۱٪، سرپرستی ۳٪، تمیزکار ۲٪، سنگزنی ۷٪، نقاشی ۳٪ و در بقیه در مشاغل برشکاری، تعمیرکار، قیچی، ارسال، دستگاه خم و تولید مشغول به کار بودند.

در جدول ۱، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر برخی ویژگی های فردی، شغلی، آنتروپومتریک و فیزیولوژیک افراد مورد مطالعه ارائه شده است. در جدول ۲، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر میزان انرژی مصرفی حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه در گروه های وزنی مختلف ارائه شده است. همان گونه که در این جدول مشاهده می شود، با افزایش وزن، میانگین انرژی مصرفی افزایش می یابد. با استفاده از آزمون آماری کروسکال والیس مشخص گردید که میانگین انرژی مصرفی در گروه های وزنی مختلف (۶۰<، ۶۰-۶۹/۹، ۷۰ -۷۹/۹ و ۸۰≤ کیلو گرم) دارای اختلاف معنی داری است (p=۰/۰۰۱). آزمون آماری من ویتنی یو مستقل نیز مشخص نمود که میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های وزنی مختلف به صورت دو به دو دارای اختلاف معنی دار هستند (p<۰/۰۵).

جدول ۱: میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر برخی ویژگی‌های فردی، شغلی، آنتروپومتریک و فیزیولوژیک افراد مورد مطالعه (n=۱۰۰)

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
سن	۳۰/۸۴	۶/۵۹	۲۱	۵۸
سابقه کار	۷/۰۵	۶/۱۷	۱	۳۰
وزن	۷۵/۶۴	۱۵/۲	۶۰/۵	۱۱۰/۲
قد	۱۷۱/۶	۶/۶۳	۱۶۱/۵	۱۸۴/۵
نمایه توده بدن*	۲۴/۵	۴/۴۸	۱۸/۲	۳۵/۶
ضربان قلب حالت استراحت (bpm †)	۷۴/۹	۱۰/۳۶	۵۴	۱۰۵
ضربان قلب حین انجام کار (bpm)	۸۵/۷۷	۱۳/۸۴	۶۶	۱۲۹
انرژی مصرفی برآورد شده حین انجام کار به روش SWE ($Kcal.min^{-1}$)	۲/۸۱	۰/۸۰۹	۱/۱	۵/۶۴

*Body Mass Index

†beat per minute

جدول ۲: برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های وزنی مختلف در کارگران مورد مطالعه (n=۱۰۰)

گروه های وزنی (کیلوگرم)		انرژی مصرفی حین انجام کار ($Kcal.min^{-1}$)			
		میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
<۶۰	(n=۱۷)	۲/۲	۰/۴۲	۱/۱	۲/۸۵
۶۰-۶۹/۹	(n=۲۰)	۲/۵۶	۰/۷۹	۱/۲۵	۴/۷
۷۰-۷۹/۹	(n=۲۹)	۲/۸۷	۰/۸۳	۱/۱۱	۴/۹
≥۸۰	(n=۳۲)	۳/۲۵	۰/۷۷	۱/۸	۵/۶۴

در جدول ۳، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر میزان انرژی مصرفی حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه بر اساس طول قد ارائه شده است. همان گونه که در این جدول ملاحظه می شود، با افزایش قد، میانگین انرژی مصرفی افزایش می یابد. با استفاده از آزمون کروسکال والیس مشخص گردید که انرژی مصرفی در گروه های قدی مختلف (۱۷۰>، ۱۸۰ – ۱۷۰، و ۱۸۰< سانتی‌متر) دارای اختلاف معنی داری است (P=۰/۰۰۱). آزمون آماری من ویتنی یو مستقل نیز مشخص نمود که میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های قدی مختلف به صورت دو به دو دارای اختلاف معنی دار هستند (P<۰/۰۵).

در جدول ۴، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر میزان انرژی مصرفی حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه بر اساس گروه های مختلف نمایه توده بدن (BMI) (۱۵) ارائه شده است. نمایه توده بدن با استفاده از فرمول $BMI=\frac{weight}{Height^2}$ محاسبه گردید که در این فرمول وزن بر حسب کیلوگرم و قد بر حسب متر می باشد. همان گونه که در این جدول مشاهده می شود، با افزایش نمایه توده بدن، میزان انرژی مصرفی حین کار افزایش داشته است. نتایج آزمون آماری کروسکال والیس مشخص نمود که میانگین انرژی مصرفی در گروهای مختلف نمایه توده بدن دارای اختلاف معنی داری است (p=۰/۰۰۳). آزمون آماری من ویتنی یو مستقل نیز مشخص ساخت که میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های طبیعی و دارای اضافه وزن (P=۰/۰۲۱) و طبیعی و چاق (P=۰/۰۰۵) دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

در جدول ۵، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر میزان انرژی مصرفی حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه بر اساس ضربان قلب حالت استراحت ارائه شده است. همان گونه که در این جدول ملاحظه می شود، با افزایش ضربان قلب حالت استراحت، میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار افزایش می یابد. با استفاده از آزمون آماری کروسکال والیس مشخص گردید که میانگین انرژی مصرفی در گروه های مختلف ضربان قلب حین استراحت (۶۵>، ۷۵ – ۶۵، ۸۵ – ۷۶، ۸۵< ضربه در دقیقه) دارای اختلاف معنی داری است (P<۰/۰۵). آزمون آماری من ویتنی یو مستقل نیز مشخص نمود که میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های مختلف به صورت دو به دو دارای اختلاف معنی دار هستند (P<۰/۰۵).

در جدول ۶، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر میزان انرژی مصرفی حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه بر اساس ضربان قلب حین انجام کار ارائه شده است. همان گونه که در جدول مشاهده می شود، با افزایش ضربان قلب، میانگین انرژی مصرفی افزایش می یابد. با استفاده از آزمون آماری کروسکال والیس مشخص گردید که انرژی مصرفی در گروه های مختلف ضربان قلب (کارهای سبک۹۰>، کارهای متوسط۱۱۰–۹۰، کارهای سنگین۱۳۰– ۱۱۰، کارهای بسیار سنگین ۱۵۰–۱۳۰، کارهای بسیار بسیار سنگین۱۷۰– ۱۵۰ ضربه در دقیقه (۱۶)) دارای اختلاف معنی داری است (P<۰/۰۰۱). آزمون آماری من ویتنی یو مستقل نیز مشخص نمود که میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های کارهای سبک و کارهای سنگین دارای اختلاف معنی دار است (P<۰/۰۵). همچنین تحلیل رگرسیون خطی چندگانه بین انرژی مصرفی حین انجام کار (WEE (Working Energy Expenditure)، نمایه توده بدن (BMI) و تعداد ضربان نبض حین انجام کار (WPR (Working Pulse Rate) نشان داد که رابطه خطی (r=۰/۵۰۳) بین متغیرهای یاد شده به صورت معادله زیر وجود دارد.

$$WEE=(0.059\times BMI)+(0.02\times WPR)-0.409$$

که در این فرمول، انرژی مصرفی حین انجام کار (WEE) بر حسب کیلوکالری در دقیقه، $BMI=\frac{وزن}{قد^2}$ و WPR، تعداد ضربان نبض حین انجام کار می‌باشد.

جدول ۳ : برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار بر اساس گروه های قد در کارگران مورد مطالعه (n=۱۰۰)

گروه های قد (سانتی متر)		انرژی مصرفی حین انجام کار ($Kcal.min^{-1}$)			
		میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
<۱۷۰	(n=۴۰)	۲/۵۲	۰/۷۵	۱/۱	۴/۹
۱۷۰-۱۸۰	(n=۴۸)	۲/۹۵	۰/۹	۱/۱۱	۵/۶۴
>۱۸۰	(n=۱۲)	۳/۲۴	۰/۳۹	۲/۶۶	۳/۹۵

جدول ۴: برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار در گروه های مختلف نمایه توده بدن در کارگران مورد مطالعه (n=۱۰۰)

گروه های نمایه توده بدن		انرژی مصرفی حین انجام کار ($Kcal.min^{-1}$)			
		میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
لاغر (<۱۸/۵)	(n=۲)	۲/۴۵	۰/۵۸	۲/۰۳	۲/۸۵
طبیعی (۲۴/۹ – ۱۸/۵)	(n=۴۷)	۲/۵۵	۰/۷۷	۱/۱	۴/۹
اضافه وزن (۲۹/۹ - ۲۵)	(n=۳۷)	۳/۰۳	۰/۷۵	۱/۱۱	۴/۵۵
چاق (≤۳۰)	(n=۱۳)	۳/۱۸	۱/۰۴	۱/۸	۵/۶۴

جدول ۵: برآورد انرژی مصرفی بر اساس ضربان قلب حین استراحت در کارگران مورد مطالعه (n=۱۰۰)

ضربان قلب حین استراحت (bpm)		انرژی مصرفی حین انجام کار ($Kcal.min^{-1}$)			
		میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
<۶۵	(n=۱۷)	۲/۵۵	۰/۷۰۵	۱/۵۶	۳۱/۴
۶۵ –۷۵	(n=۴۴)	۲/۸۶	۰/۹۰۱	۱/۱	۵/۶۴
۷۶ – ۸۵	(n=۲۴)	۲/۹۶	۰/۵۷	۱/۶	۳/۸۲
>۸۵	(n=۱۵)	۳/۳۴	۰/۹۱۲	۲/۲۴	۴/۹۰

جدول ۶: برآورد انرژی مصرفی بر اساس ضربان قلب حین انجام کار در کارگران مورد مطالعه (n=۱۰۰)

ضربان قلب حین انجام کار (bpm)		انرژی مصرفی ($Kcal.min^{-1}$)			
		میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر
کارهای سبک (<۹۰)	(n=۶۷)	۲/۶۵	۰/۷۳۴	۱/۱	۴/۵۶
کارهای متوسط (۱۰۹ – ۹۰)	(n=۲۶)	۲/۹	۰/۷۰۶	۱/۹۴	۴/۹
کارهای سنگین (۱۲۹ – ۱۱۰)	(n=۷)	۴/۱۱	۱/۰۷	۲/۶۷	۵/۶۴
کارهای بسیار سنگین (۱۴۹ – ۱۳۰)	(n=۰)	-	-	-	-
کارهای بسیار بسیار سنگین (۱۷۰ - ۱۵۰)	(n=۰)	-	-	-	-

بحث

افراد مورد مطالعه با میانگین سن و سابقه ی کار به ترتیب ۳۰/۸۴ و ۷/۰۵ سال، جامعه ای نسبتا جوان بوده و اغلب در گستره ی طبیعی نمایه توده بدن قرار می گیرند (۲۴/۵±۴/۴۸).

میانگین و انحراف استاندارد انرژی مصرفی کارگران مورد مطالعه حین انجام کار، ۰/۸۰۹± ۲/۸۱ کیلو کالری در دقیقه بدست آمده است. این میزان انرژی مصرفی حین انجام کار در محدوده ی کار متوسط قرار می گیرد (۱۷).

همچنین نتایج این مطالعه نسبت به نتایج حاصل از مطالعه ی لوین و میلر (James A Levine, Jennifer M Miller) که به منظور برآورد انرژی مصرفی در دو حالت حین انجام کار دفتری و کار دینامیک با استفاده از کالریمتری غیر مستقیم انجام دادند و در آن میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار دفتری را ۱/۲ کیلوکالری در دقیقه (۷۲ کیلو کالری در ساعت) و حین کار دینامیک ۳/۱۸ کیلوکالری در دقیقه (۱۹۱ کیلوکالری در ساعت) به دست آورند، کمتر می باشد (۱۸). شاید بتوان دلیل این اختلاف را به نوع نژاد، آب و هوا، عادات تغذیه ای و ... نسبت داد. یافته‌های این مطالعه نشان دادند که بین میانگین انرژی مصرفی حین انجام کار (کیلو کالری بر دقیقه) در گروه های مختلف وزن، قد و نمایه توده بدن رابطه معنی داری وجود دارد. این مطلب موید نتایج حاصل از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می باشد (۱۶). از این موضوع می توان چنین نتیجه گیری کرد که عوامل جسمانی و دموگرافیک بطور غیر مستقیم بر عملکرد جسمانی و به دنبال آن انرژی مصرفی حین انجام کار تاثیرگذار هستند.

یافته های این مطالعه نشان داد که بین انرژی مصرفی و ضربان قلب حالت استراحت رابطه ی معنی داری وجود دارد. این مطلب بدین معناست که افراد با آمادگی جسمانی بالاتر، دارای ضربان قلب حالت استراحت پایین تری هستند، بنابراین میزان مصرف انرژی حین انجام کار در این افراد نسبت به دیگر افراد پایین تر خواهد بود. همچنین نتایج نشان دادند که بین انرژی مصرفی و ضربان قلب حین انجام کار رابطه معنی داری وجود دارد. این یافته موید نتایج حاصل از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می باشد (جدول ۷) (۱۱،۱۷). دلیل این امر اینست که هر چقدر فعالیت جسمانی افراد شدیدتر باشد، ضربان قلب و به دنبال آن سوخت و ساز بدن بالا رفته و در نهایت منجر به افزایش انرژی مصرفی می شود.

جدول ۷: ارتباط بین شدت فعالیت با اکسیژن و انرژی مصرفی و ضربان قلب حین انجام کار

شدت فعالیت	اکسیژن مصرفی ($L.min^{-1}$)	ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	انرژی مصرفی ($kJ.min^{-1}$)
سبک	<۰/۵	<۹۰	<۱۰/۵
متوسط	۰/۵-۱	۹۰-۱۱۰	۱۰/۵-۲۱
سنگین	۱-۱/۵	۱۱۰-۱۳۰	۲۱-۳۱/۵
بسیار سنگین	۱/۵-۲	۱۳۰-۱۵۰	۳۱/۵-۴۲
بسیار بسیار سنگین	۲<	۱۵۰-۱۷۰	۴۲<

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بین انرژی مصرفی حین انجام کار و متغیر هایی از قبیل سن، سابقه کار در جامعه ی مورد مطالعه ارتباطی وجود ندارد. این یافته با نتایج حاصل از دیگر مطالعات در تضاد می باشد (۱۹). دلیل این تضاد را شاید بتوان به برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار بصورت پیش بینی کننده نسبت داد و به عنوان یکی از محدویت های این مطالعه در نظر گرفت.

همانطور که در بخش یافته ها اشاره شد، ارتباط بین انرژی مصرفی حین انجام کار، نمایه توده بدن و تعداد ضربان نبض حین انجام کار به صورت معادله ی نهایی مشخص و با استفاده از این معادله شاید بتوان با کمترین اندازه گیری، انرژی مصرفی حین انجام کار را در کارگرانی که به کار دینامیک (منظور از کار دینامیک، کاری است که فرد به کار

با فعالیت جسمانی مشغول می باشد) اشتغال دارند، برآورد نمود.

نتیجه‌گیری

اندازه گیری انرژی مصرفی حین انجام کار با استفاده از روش های مستقیم، با مشکلاتی از قبیل نیاز بـه تجهیـزات خـاص، تداخل با عملکرد شغلی کارگر و ... روبرو می باشد. لذا استفاده از روش های ساده، سریع و کم هزینـه ارزیـابی فیزیولوژیـک کار از قبیل برآورد سیستماتیک بار کار (SWE) می تواند بـه منظور برآورد انرژی مصرفی حین انجام کار مورد استفاده قرار گیرد. از متغیرهایی همچون قد، وزن، نمایه توده بدن، ضربان قلب حین استراحت و حین کار می توان به عنوان عوامل موثر بر انرژی مصرفی حین انجام کار نام برد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه به وسیله ی کمیته تحقیقات دانشـجویی دانشـگاه علوم پزشکی شیراز بر اسـاس قـرارداد شـماره ی ۶۰۷۷-۹۱ حمایت مالی شده است.

References

1. Mououdi MA, Choobineh AR. [Ergonomics in practice: selected ergonomics topics]. 2nd ed. Tehran: Nashr-e-Markaz; 1999. p. 82. (Persian)
2. Wu HC. Wang MJ. Determining the maximum acceptable work duration for high-intensity work. Eur j App1 Physiol 2001; 85: 339-44.
3. Daneshmandi H.Choobineh AR. RajaeiFard AR. [Estimation of aerobic capacity and determination of its associated factors among male workers of industrial sector of Shiraz city, 2010]. Iran Occupational Health 2011; 8(3): 48-58. (Persian)
4. Capodaglio P. The use of subjective rating of exertion in ergonomics. G Ital Med Lav Ergon 2002; 24(1): 84-89.
5. Chandra Dey N. Samanta A. Saha R. AStudy of the workload of underground trammer in the ranigang coal field area of west Bengal,india. JOSE 2006; 12(4): 399-407.
6. Astrand PO. Rodahl K. Dahl HA. Strømme S B. Textbook of work physiology. 4th ed. USA: Human kinetics; 2003. p. 237-85.
7. Motallebi Kashani M. Lahmi M. [Evaluation of physical work capacity at machining process industry in Tehran. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences 2000; 9(26,27): 21-9. (Persian)
8. Bugajska J. Makowiec-Dabrowska T. Jegier A. Marszalek A. Physical work capacity (VO_2-max) and work ability (WAI) of active employees (men and women) in Poland. International congress Series 1280; 2005: 156-60.
9. Tayyari F, Smith JL. Occupational ergonomics: Principles and applications.1st ed. USA: Chapman and Hall; 1997. p. 93-126.
10. Golbabaee F. Omidvari M. [Man and Thermal Environment]. 2nd ed. Tehran: Tehran University Publication; 2008. p. 109. (Persian)
11. Abdoli Eramaki M. [Occupational Biomechanics & Design of Workplace (Ergonomics)]. 1st ed. Tehran: Omid-e-majd; 1999. p. 238-54. (Persian)
12. Pinherio Volp AC. Esteves de Oliveira F C. Duarte Moerira Alves R. Esteves E A. Bressan J. Energy expenditure: component and evaluation methods. Nutr Hosp 2011; 26(3): 430-40.
13. Fox LE. Mathews D K. "The physiological basis of physical education and athletics". Trans. Khaldan A. 3rd ed. Tehran. Iran: Tehran university publication (Volume I); 1994. p.49-90. (Persian).
14. Dwyer G. Davis SE. ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual. 2nd ed. USA: Wolters Kluwer ILIppincott Williams & Wilkins; 2008. p.11-124.
15. Lee RD Nieman DC. Nutritional Assessment. 3rd ed. New York (NY): McGraw-Hill; 2003. p.164-80.

16. Helander M. “A guide to the ergonomics of manufacturing”. Trans. Choobineh AR. 3rd ed. Shiraz. Iran: Tachar; 2006. p. 477-91. (Persian)
17. Bridger R S. Introduction to Ergonomics. 2nd ed. USA: Taylor & Francis; 2003. p. 203.
18. Levine JA. Miller JM. The energy expenditure of using a ‘‘walk-and-work’’ desk for office workers with obesity. Br J Sports Med 2007; 41: 558–61.
19. Klausen B. Toubro S. Astrup A. Age and sex effects on energy expenditure. Am J Clin Nuir 1997: 65: 895-907.

Estimation of Energy Expenditure Using the Systematic Workload Estimation (SWE) Among Male Workers of a Steel Industry

Elham Saber[1], Naser Hajitabar[2], Hadi Daneshmandi[3], Alireza Choobineh[4], Mehdi Moradi[5]

Original Article

Abstract

Background: In order to fit the job physiologically to the worker, understanding of acceptable work load is very important. This study was conducted to estimate energy expenditure during the work and associated factors among male workers of a steel industry.

Methods: In this cross-sectional study, 100 male workers employed in Foolad Payeh Fars with dynamic job participated voluntarily. Data collection tools were included the questionnaire and SWE checklist. The questionnaire consisted of two parts. In the first part, demographic, and in the second part anthropometric and physiological characteristics were included.

Findings: Mean (standard deviation) of age of workers was 30.84 (6.59) years. Worker's energy expenditure was estimated to be 2.81±0.809 Kcal.min-[1]. The results showed that there was association between energy expenditure with resting heart beat, working heart beat, height, weight and BMI while no association was found between energy expenditure with age, job tenure.

Conclusion: Energy expenditure had association with resting heart beat, working heart beat, height, weight, BMI.

Keywords: Working Energy Expenditure, SWE, Foolad Payeh Fars

Citation: Saber E, Hajitabar N, Daneshmandi H, Choobineh A, Morad M. **Estimation of Energy Expenditure Using the Systematic Workload Estimation (SWE) Among Male Workers of a Steel Industry.** J Health Syst Res 2014; 9(12): **1273-1282**

Received date: 13/04/2013 **Accept date: 25/11/2013**

1. Student Research Committee, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
2. Student Research Committee, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
3. Department of Ergonomics, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran (Corresponding Author) Email: daneshmand@sums.ac.ir
4. Research Center for Health Sciences, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
5. MSc Student of Epidemiology, Student Research Committee, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran