فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ششم/ شماره اول/ بهار ۹۳/ صفحات ۱۶- ۹

# بررسی ارتباط درک ذهنی و فیزیولوژیکی سختی کار در کارگران یکی از صنایع فلزی اصفهان

**محمد مقیسه[۱]، احسان ا... حبیبی[۲*]، اکبر حسن‌زاده[۳]، محمدکاظم خوروش[٤]، نهال آرامش[٥]، امیرحسین پوررحمتیان[٦]**

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۲. عضو هیأت علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
۳. مربی آمار زیستی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان
٤. مهندس ایمنی صنعتی، مسئول ایمنی شرکت صنایع ریخته‌گری اصفهان
٥. کارشناس ارشد شیمی معدنی، مسئول کنترل کیفی، دانشگاه اصفهان
٦. کارشناس مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۱۲

## چکیده

**مقدمه:** از روش‌های ارزیابی تناسب کار جسمانی،ذهنی و فیزیولوژیکی است. رایج‌ترین ابزار به کار برده شده برای ارزیابی خستگی حین کار فیزیکی با علائم ذهنی استفاده از مقیاس بورگ و فیزیولوژیکی مانند ضربان قلب است. این مطالعه با هدف بررسی سختی کار بر اساس ارزیابی ذهنی و فیزیولوژیکی در یکی از صنایع فلزی اصفهان انجام شده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه ۲۰۰ نفر پرسنل مرد به صورت تصادفی ساده شرکت نموده‌اند، افراد مورد مطالعه به وسیله ارگومتر و پروتکل آستراند مورد ارزیابی قرار گرفتند.از افراد حین انجام آزمایش خواسته شد تا مقیاس بورگ (شدت تلاش درک شده) را به منظور ارزیابی ذهنی نرخ‌گذاری و همچنین ضربان قلب آنان به عنوان شاخص فیزیولوژیکی توسط دستگاه ثبت شد.

**یافته‌ها:** نتایج ارتباط قوی، بین شدت تلاش درک شده با افزایش بار کاری ارگومتر را نشان داد($R^2$=۰/۹۱) (P<۰/۰۰۰۱). از سویی ارتباط ضربان قلب با افزایش بارکاری معنی دار می باشد($R^2$=۰/۹٦) (P<۰/۰۰۰۱)، آنالیز رگرسیون خطی در ارتباط شدت تلاش درک شده و بار کاری به صورت معادله(RPE) ٤/٤٥ – ۰/٥٦ ۱۲ =Workloadو در ارتباط ضربان قلب و بار کاری به صورت معادله (HR) ۰/٥٤ – ۱۲٥/۸۹ =Workload می‌باشد. به عبارتی بار کاری فیزیکی دارای ارتباط قوی‌تری با ضربان قلب نسبت به شدت تلاش درک شده را دارد.

**نتیجه‌گیری:** با استفاده از معادله رگرسیون توسعه یافته، بار کاری فیزیکی قابل سنجش می‌باشد تا با اندازه‌گیری ضربان قلب در حین کار و یا درک ذهنی فرد، تغییرات توانایی فیزیکی نیروی کار پایش شود تا سلامت جسمی و روانی با هم مد نظر قرار گیرد و بر اساس آن پیشگیری‌های مورد نیاز، معاینات دوره‌ای، آموزش و غیره صورت گیرد.

**کلید واژه‌ها:** بار کاری، شدت تلاش درک شده، ضربان قلب، صنایع فلزی

* نویسنده مسئول: آدرس پستی: گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، تلفن: ۷۹۲۲۷۳۷ -۰۳۱۱
پست الکترونیکی: habibi@hlth.mui.ac.ir

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

## مقدمه

یکی از جنبه‌های تناسب بین انسان و محیط که اهمیت به سزایی یافته است جنبه فیزیکی است. دلیل مهم موضوع مذکور این است که تحقیقات نشان داده‌اند که درصد بالایی از آسیب‌های اسکلتی- عضلانی کاملاً یا حداقل به طور نسبی مربوط به عدم تناسب فیزیکی‌اند. با سنجش ویژگی‌های فیزیولوژیک انسان می‌توان او را به کاری متناسب و در حد و اندازه‌های تحمل فیزیولوژیک گمارد. بدین ترتیب، افزون بر حفظ تندرستی و توانایی جسمی، میزان تولید و بهره‌دهی نیز فزون‌تر خواهد شد. بدین ترتیب تاسیس بانک اطلاعاتی از ویژگی‌های فیزیولوژیک نیروی کار می‌تواند در جلوگیری از فشارهای جسمانی بر آنان در محیط کار جلوگیری نموده و به تناسب و تطابق هرچه بیشتر کار و فرد در این عرصه کمک نماید(۱).

به منظور ارزیابی و برآورد بار کار، روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از این روش‌ها، ارزیابی ذهنی است(۲) از روش‌های متداول و قدیمی در برآورد ارزیابی ذهنی استفاده از مقیاس‌های نرخ‌گذاری است(۳) و از مهمترین و پر کاربردترین مقیاس‌های نرخ‌گذاری می‌توان به مقیاس بورگ RPE (Rating of perceived Exertion) اشاره کرد(٤) که به منظور نرخ‌گذاری میزان تلاش درک شده در طول کار فیزیکی توسط بورگ ارائه شده است(٦-٤).

از طرفی در محیط کار فاکتورهای متعددی بر روی توانایی فرد تاثیرگذار بوده که سنجش تمام آنها غیرممکن است اما افراد، بهترین قضاوت از تلاش خودشان دارند(۷) لذا استفاده از مقیاس بورگ امکان استفاده در محیط کار را داده و دارای خطای قابل قبولی است به همین دلیل استفاده از این مقیاس بسیار سفارش شده است(۸) که در پزشکی و ارگونومی بسیار کاربرد دارد(۵،۹).

مقیاس بورگ در اندازه‌گیری عملکرد روانی- فیزیکی و ظرفیت کاری بسیار با اهمیت است(۱۰) به طوری که در مطالعه‌ای از Daneshmandi و همکاران استفاد از این مقیاس به منظور ارزیابی شدت فعالیت فیزیکی بسیار مفید است(۲).

به غیر از ارزیابی ذهنی استفاده از روش‌های فیزیولوژیکی هم در برآورد سختی کار مناسب است(۱۱) به طوری که شاید در صنعت روش آسان‌تری برای برآورد سختی کار و حتی ظرفیت هوازی باشد(۱۲).

از مهمترین فاکتورهای فیزیولوژیکی به منظور ارزیابی سختی کار، ضربان قلب است(۱۳) به همین دلیل امروزه ضربان قلب فاکتور مهمی در تعیین سختی کار است(١٤) به طوری که در بسیاری از مطالعات این روش به عنوان روشی کم‌هزینه و بدون نیاز به آموزش خاصی به راحتی، متابولیک و سختی کار محول شده را نشان می‌دهد(١٥،١٦).

به عبارتی استفاده از ضربان قلب به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیکی روشی قابل قبول در برآورد سختی کار و فشار وارد شده به افراد است که با افزایش سختی کار ضربان قلب هم بالا می‌رود(۱۷) به طوری که در مطالعه‌ای از Nasl-Saraji و همکاران نیز ضربان قلب فاکتور مناسبی جهت اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی بیان شده است(۱۲).

مطالعات داخلی در زمینه ارتباط فاکتورهای ذهنی از طریق مقیاس بورگ و فیزیولوژیکی مانند ضربان قلب تنها در صورت نیاز به اعتبارسنجی صورت گرفته است(۸ ،۲) و هنوز مطالعه کامل و دقیقی در رابطه با این هدف و موضوع صورت نگرفته است، به همین منظور هدف این مطالعه بررسی ارتباط ضربان قلب به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیکی و شدت تلاش درک شده به عنوان یک روش ارزیابی ذهنی- درکی در سنجش سختی کار است.

## روش بررسی

مطالعه حاضر از نوع تحلیلی- مقطعی است که به این منظور ۲۰۰ نفر از کارگران مرد یکی از صنایع فلزی شهر

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

اصفهان با روش آماری به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند، به طوری که حداکثر ظرفیت انجام آزمایش ۱۰ نفر در روز بود.

در این مطالعه جهت ایجاد بار کاری از دوچرخه ارگومتر و پروتکل آستراند استفاده شد. برای انجام آزمایش بر اساس پروتکل آستراند(۲۱-۱۸)، کارگر با لباس سبک(۲۲) به مدت ٦ دقیقه رکاب می‌زند تا ضربان قلب وی به بیش از ۱۲۰ ضربه در دقیقه برسد(۲۲-۲۰) بر اساس پروتکل در انتهای هر دقیقه ۲۵ وات به بار کاری (سختی پدال) افزایش داده می‌شد(۲۳،۲٤) و در انتها هر مرحله، در ۱۵ ثانیه انتهایی مقدار ضربان قلب (با استفاده از اسپورت تستر) اندازه‌گیری و شدت تلاش درک شده (به وسیله مقیاس بورگ) ناشی از افزایش بار کاری ارگومتر نرخ‌گذاری می‌شد(۲۵،۲٦). این مقیاس از عدد ٦ تا ۲۰ شروع و هر کدام نام‌گذاری مخصوص به خود را دارد که درک تلاش بار کاری و فعالیت فیزیکی فرد است(۲۷) از سویی اعتبارسنجی مقیاس در مطالعات داخلی تایید شده است(۲) بدین ترتیب برای هر فرد تعداد اندازه‌گیری ضربان قلب و بورگ برابری بر روی مقیاس RPE 6-20 (Rating of Perceived Exertion) به دست می‌آید(۳۰-۲،۲۸).

به منظور انجام این آزمایش از دوچرخه ارگومتر مدل TUNTURI ساخت کشور فنلاند استفاده شد. روش انجام کار بدین ترتیب بود که با انجام هماهنگی‌های لازم با یکی از صنایع فلزی شهر اصفهان، دعوت به همکاری و شرکت در مطالعه شد و چنانچه هر یک از کارگران انتخاب شده به هر دلیلی از جمله عدم حضور، عدم تمایل به شرکت در مطالعه، بیماری‌های قلبی- عروقی و بیماری‌های تنفسی وغیره از نمونه خارج می‌شدند(۳۱). در انتها نتایج به وسیله نرم‌افزار آماری SPSS 20 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

## یافته‌ها

دمای محیط آزمایش به طور متوسط ۲٦ درجه سانتی‌گراد و دمای تر برابر ۲۱ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. جامعه مورد مطالعه همگی مرد و دارای میانگین سنی ۳۳/۱۷ سال با انحراف استاندارد۷/۷٦ می‌باشد که ٦۷/۵٪ (۱۳۵ نفر) از آنها کارگران، ۱۳/۵٪ (۲۷ نفر) اداری، ۷٪ واحد مهندسی (۱٤ نفر)، ۳٪ (٦ نفر) تدارکات، ۲/۵٪ (۵ نفر) واحد کنترل کیفیت، ۳٪ (٦ نفر) انتظامت و ۳/۵٪ (۷ نفر) واحد انبار بودند.

نتایج ارتباط بسیار قوی بین شدت تلاش درک شده به عنوان یک فاکتور ذهنی با افزایش بارکاری ارگومتر را نشان می‌دهد($R^2$=۰/۹۱) ($P<$۰/۰۰۰۱) از سویی ارتباط ضربان قلب به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیکی با افزایش بار و سختی کار معنی‌دار بوده است($R^2$=۰/۹٦) ($P<$۰/۰۰۰۱).

از طرفی آزمون همبستگی پیرسون نشان داد که بین شدت تلاش درک شده با ضربان قلب افراد رابطه بسیار قوی وجوددارد (r=۰/۹۹۱) (P<۰/۰۰۵).

در جدول ۱ برخی ویژگی‌های دموگرافیک و فردی مورد مطالعه افراد ارائه شده است. نتایج اندازه‌گیری ضربان قلب، بار کاری و همچنین نرخ‌گذاری مقیاس بورگ در پایان هر دقیقه در جدول ۲ ارائه شده است.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

**جدول ۱**- ویژگی‌های دموگرافیک و فردی مورد مطالعه افراد

| آیتم‌ها | (انحراف معیار) میانگین | ماکسیمم- مینیمم، تعداد(درصد) |
|---|---|---|
| **سن (سال)** | ۳۳/۱۷ (۷/۷٦) | ۱۵-۵۰ |
| **وزن (کیلوگرم)** | ۷۲ (۱۰/۰۷) | ۵۲-۱۰۰ |
| **قد (سانتی متر)** | ۱۷٤/۱۵ (٦/۲٤) | ۱۵۸/۵-۱۸۸ |
| **شاخص توده بدنی** | ۲۳/۸۷ (۲/۹۵) | ۱٦/۹-۳۱/٤ |
| **سابقه کاری (سال)** | ٦/٦۷ (۵/۲۳) | ۰/٤۹-۲۵ |
| **عضویت باشگاه ورزشی** | بله | ۳۹ (۱۹/۵٪) |
| | خیر | ۱٦۱ (۸۰/۵٪) |
| **وضعیت تاهل** | متاهل | ۱٦۳ (۱۸۱/۵٪) |
| | مجرد | ۳۷ (۱۸/۵٪) |
| **تحصیلات** | تا دیپلم | ۱۵۱ (۷۵/۵٪) |
| | تا لیسانس | ٤۱(۲۰/۵٪) |
| | تا دکتری | ۸ ( ٤٪) |
| **مصرف دخانیات** | بله | ۷۸ (۳۹٪) |
| | خیر | ۱۲۲(٦۱٪ ) |

**جدول ۲**- بار کاری، میانگین و انحراف استاندارد، ضربان قلب و نرخ‌گذاری مقیاس RPE ۲۰-٦ در حال استراحت (n=۲۰۰)

| متغیرها | | | |
|---|---|---|---|
| **زمان اندازه‌گیری** | **HR (انحراف معیار) میانگین** | **RPE (انحراف معیار) میانگین** | **Workload بار کاری** |
| **در حال استراحت** | ۸۰/۱٤ (۸/٤۸) | - | - |
| **پایان دقیقه اول** | ۱۰۰/۸۷ (۸/۳۳) | ۹/٦۱ (۲/۵۹) | ۵۰ |
| **پایان دقیقه دوم** | ۱۱۱/۹٦ (۸/٦۱) | ۱۱/٦٦ (۲/۷۱) | ۷۵ |
| **پایان دقیقه سوم** | ۱۲۲/۷٤ (۷/٦٤) | ۱۳/٦۹ (۲/٦۵) | ۱۰۰ |
| **پایان دقیقه چهارم** | ۱۲۹/۷۳ (٦/۱۷) | ۱۵/۱٦ (۲/۳۹) | ۱۲۵ |
| **پایان دقیقه پنجم** | ۱۳۲/۵۰ (٤/۳۳) | ۱٦/۰٤ (۲/۵۷) | ۱۵۰ |

نتایج نشان می‌دهد که بین ضربان قلب و شدت تلاش درک شده رابطه معنی‌داری موجود است به طوری که با افزایش ضربان قلب ناشی از سختی کار، شدت تلاش درک شده نرخ‌گذاری بیشتری می‌شود که نشان‌دهنده انطباق درک ذهنی و فیزیولوژیکی است. از طرفی نتایج ارتباط بسیار قوی بین شدت تلاش درک شده به عنوان یک فاکتور ذهنی با افزایش بار کاری ارگومتر را نشان می‌دهد($R^2$=۰/۹۱)(P<۰/۰۰۰۱) از سویی ارتباط ضربان قلب به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیکی با افزایش بار و سختی کار معنی‌دار بوده است($R^2$=۰/۹٦) (P<۰/۰۰۰۱).

به طوری که آنالیز رگرسیون خطی در ارتباط شدت تلاش درک شده و ضربان قلب به صورت معادله (RPE) Workload=۱۲٦/۵٤-٤/٤۵ و آنالیز خطی

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

رگرسیون در ارتباط با ضربان قلب و بار کاری فیزیکی به صورت معادله (HR) ۰/۵٤ –۱۲۵/۸۹=Workload می‌باشد.

به طور کلی نتایج این مطالعه بیان کننده این موضوع است که برآورد سختی کار از طریق فاکتورهای فیزیولوژیکی دقت بیشتری نسبت به فاکتورهای درکی و ذهنی در محیط کار دارند.

## بحث

این مطالعه بین ۲۰۰ نفر از کارگران مرد یکی از صنایع فلزی شهر اصفهان انجام گرفت که هدف آن بررسی ارتباط بین شدت تلاش درک شده و ضربان قلب است. بررسی حاصل از نتایج این پژوهش نشان‌دهنده این موضوع می باشد که رابطه قوی بین شدت تلاش درک شده و ضربان قلب موجود و بیان‌کننده ارتباط قوی بین درک ذهنی و فیزیولوژیکی با افزایش سختی کار است.

در این مطالعه افزایش میانگین ضربان قلب با میانگین تلاش درک شده در طی هر مرحله (جدول ۲) ارتباط معنی‌داری دارد($P<۰/۰۰۱$)،($R^2=۰/۹۹۱$) و موید نتایج مطالعات پیشین که در این زمینه صورت گرفته است، می‌باشد. برای نمونه، نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج به دست آمده MacKinnon، که رابطه بین HR و RPE را در تریدمیل، بررسی نمودند همخوانی دارد ($R^2=۰/۷$)(۳۲). همچنین نتایج این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه Karavatas و همکاران، بر روی ورزشکاران همخوانی دارد($R^2=۰/۹۹$) (۳۳) حتی با مطالعات داخلی صورت گرفته همچون مطالعه Parvari و همکاران که به بررسی روایی و پایایی مقیاس بورگ بر روی دانشجویان انجام داده بودند ($R^2=۰/۸۷٤$) ($P<۰/۰۰۱$) (۸) و در مطالعه‌ای دیگر از Daneshmandi و همکاران به منظور اعتبارسنجی مقیاس بورگ روی کارگران صنعت شیراز ($R^2= ۰/۸۹$) ($P<۰/۰۰۱$) همخوانی دارد(۲). از طرفی ارتباط شدت تلاش درک شده به عنوان یک فاکتور ذهنی با افزایش سختی کار دارای ارتباط معنی‌داری بود ($R^2=۰/۹۱$) ($P<۰/۰۰۰۱$). به طوری که در مطالعه‌ای از Arnhold و همکاران بر روی دو گروه از جوانان استفاده از این مقیاس در برآورد بارکاری پیشنهاد شده است(۳٤) در مطالعه‌ای از Penko و همکاران به منظور اعتبارسنجی مقیاس بورگ بر روی بیماران پارکیسونی، ارتباط افزایش نرخ‌گذاری شدت تلاش درک شده با افزایش باری کاری نشان داده شده است که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد($P<۰/۰۰۱$) (۳۵) در مطالعه دیگری از Douda و همکاران برروی ورزشکاران، ارتباط مستقیم بین شدت تلاش درک شده با سختی کار نشان داده شده است ($P<۰/۰۰۱$) (۳٦).

به طور کلی رابطه شدت تلاش درک شده با بار کاری فیزیکی یک رابطه خطی است که توسط محققان مختلف مورد تایید قرار گرفته است(۳۷،۳۸) به طوری که در برخی مطالعات از این مقیاس به منظور برآورد ظرفیت هوازی(۳۹)، ضربان قلب(٤۰)، خستگی(٤۱) و بسیاری از موارد دیگر استفاده می‌شود. از طرفی دیگر بر طبق نتایج این مطالعه ارتباط معنی‌داری بین ضربان قلب به عنوان یک فاکتور فیزیولوژیکی و بار کاری وجود دارد ($R^2=۰/۹٦$)($P<۰/۰۰۰۱$) که با نتایج مطالعه Matlabi و همکاران در یکی از صنایع ماشین‌سازی در کشور همخوانی دارد ($P<۰/۰۰۰۱$) (٤۲). اما در مطالعه‌ای در ژاپن ارتباط معنی‌داری بین بار کاری فیزیکی و ضربان قلب مشاهده نشده است که می‌توان به دلیل فاکتورهای محیطی و مدت زمان تست اشاره کرد(٤۳) در صورتی که در مطالعه‌ای از Mehler و همکاران ضربان قلب به عنوان یک فاکتور موثر در برآورد بار کاری فیزیکی اعمال شده بیان شده است(٤٤).

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

## نتیجه‌گیری

مشخص کردن بار کاری و سختی کار افراد حین کار از اهمیت به سزایی در زمینه پیشگیری از بیماری‌های شغلی و طب کار دارد و از مباحث مهم ارگونومی است. از طرفی برآورد بار کاری افراد به منظور تناسب آنان با توانشان نیاز به دستگاه‌های آزمایشگاهی گران‌قیمت و پیچیده دارد که برای صنعت مقرون به صرفه نیست و با توجه به یافته‌های مطالعه که ارتباط معنی داری بین شدت تلاش درک شده با بار کاری فیزیکی و همین طور ارتباط معنی‌داری قوی‌تری بین ضربان قلب و بار کاری را نشان می‌دهد. از سویی می‌توان با استفاده از معادله رگرسیون توسعه یافته، بار کار فیزیکی به راحتی و بدون نیاز به امکانات آزمایشگاهی، قابل سنجش می‌باشد تا با اندازه‌گیری ضربان قلب در حین کار بر این اساس، تغییرات توانایی فیزیکی نیروی کار پایش و درک ذهنی افراد هم محاسبه شود تا سلامت جسمی و روانی با هم مدنظر قرار گیرد و بر اساس آن پیشگیری‌های مورد نیاز، معاینات دوره‌ای، آموزش و غیره انجام شود.

## منابع


1. Mououdi MA, Chobineh AR. Ergonomics in practice: selected ergonomics topics. Tehran: Nashr-e-Markaz; 1999.
2. Daneshmandi H, Choobineh AR, Rajaeefard A. Validation of Borg ,ÄôS RPE 6-20 Scale in Male Industrial Workers of Shiraz City Based on Heart Rate. Jundishapur Scientific Medical Journal.2012; 11(1)
3. Gamberale F. The perception of exertion. Ergonomics. 1985; 28: 299-308
4. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc. 1982; 14(5): 377-81.
5. Teraslinna P, Ismail A, MacLeod D. Nomogram by Astrand and Ryhming as a predictor of maximum oxygen intake. Journal of applied physiology. 1966; 21(2): 513-5.
6. Faulkner J, Eston R. Overall and peripheral ratings of perceived exertion during a graded exercise test tovolitional exhaustion in individuals of high and low fitness. Eur J Appl Physiol. 2007; 101: 613-20.
7. Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales:. Human Kinetics Publishers. 1998.
8. Parvari R, Dehghan H, Habibi E, Merasi MR, Haghi A, Rajabi Vardanjani H. Scale reliability and validity study of the individual perception of effort based on heart rate changes. 1390-91
9. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. Scand J Work Environ Health 1990; 16: 55-8.
10. Wilson JR, Corlett N. Evaluation of human work. 3rded, editor. Boca Raton: Taylor & Francis; 2005.
11. Eston RG, Lamb KL, Parfitt G, King N. The validity of predicting maximal oxygen uptake from a perceptually-regulated graded exercise test. European journal of applied physiology. 2005; 94(3): 221-7
12. Nasl-Saraji J, Zeraati H, Pouryaghub G, Gheibi L. Musculoskeletal Disorders study in damming construction workers by Fox equation and measurement heart rate at work. Iran Occupational Health. 2008; 5(1): 55-60
13. Arts FJ, Kuipers H, Jeukendrup AE, Saris WH. A short cycle ergometer test to predict maximal workload andmaximal oxygen uptake. Int J Sports Med. 1993; 14(8): 460-4.
14. Matlabi M, Lahmi M A, Hagizadeh E. Evaluation of physical work capacity at machiningprocess industry in tehran. Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences and Health Services. 2000; 9(26)


[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

15. Dauncey MJ , James WP. Assessment of the heart-rate method for determining energyexpenditure in man, using a whole-body calorimeter. The British Journal of Nutrition. 1979; 42(1): 1-13.
16. Hiilloskorpi HK, Pasanen ME, Fogelholm MG, Laukkanen RM, AT. M. Use of heart rate to predict energy expenditure from low to highactivity levels. Int J Sports Med. 2003; 24(5): 332-6.
17. Flores JM ,Smith JD. The relationship between perceived exertion and heart rate during yoga. International Journal of Exercise Science.2012; 2(4): 67
18. Siconolfi SF, Cullinane EM, Carleton RA, Thompson PD. Assessing VO2max in epidemiologic studies: modification of the Astrand-Rhyming test. Medicine and science in sports and exercise. 1982; 14(5): 335.
19. Greiwe JS, Kaminsky LA, Whaley MH, Dwyer GB. Evaluation of the ACSM submaximal ergometer test for estimating VO2max. Medicine and science in sports and exercise. 1995; 27(9): 1315-20.
20. Cink R, Thomas T. Validity of the Astrand-Ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake. British journal of sports medicine. 1981; 15(3): 182-5.
21. Andersson D. The Åstrand-Ryhming test/method under the magnifying glass-a review of research articles. Stockholm: Idrottshögskolan. 2004.
22. Choobineh A ,Barzideh M, Gholami T, Amiri R, Tabatabaei H, Almasi Hashyanie A. Estimation of Aerobic Capacity (VO2-max) and Study of Its Associated Factors among Male Workers of Industrial Factories in Sepidan/Fars Province, 2009. Scientific Medical Journal. 2011; 10(1)
23. Wong DP, Carling C, Chauachi A, Dellal A,Castagna C, Chamari K, et al. Estimattion of oxygen uptake from heart rate and rating of perceived exertion in young soccer players.The Journal of Strenght and Conditioning Research.2011; 25(7): 1983-8.
24. Glen B, Deakin A J, Zhou D SH. Reliability and Validity of an Incremental Cadencecycle $VO_{2MAX}$ Testing Protocol for Trained Cyclists. J Exerc Sci Fit 2011; 9(1): 31-9
25. Karvelas BR, Hoffman MD, Zeni AL. Acute effects of acupuncture on physiological and psychological responses to cycle ergometry. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1996; 77(12): 1256-9.
26. Buckley J, Sim J, Eston R, Hession R, Fox R. Reliability and validity of measures taken during the Chester step test to predict aerobic power and to prescribe aerobic exercise. British journal of sports medicine. 2004; 38(2): 197-205.
27. Grant JA, Josph Amyn, Campagna PD. The prediction of VO2max: a comparison of 7 indirect tests of aerobic power. The Journal of Strength & Conditioning Research. 1999; 13(4): 346-52.
28. Jones CJ, Rose DJ. Physical activity instruction of older adults: Human Kinetics Publishers; 2005.
29. Britton F. Physiological and perceptual responses during self-regulated exercise in children with cystic fibrosis: Dublin City University; 2011.
30. Finucane L, Fiddler H. Assessment of the RPE as a measure of cardiovascular fitness in patients with low back pain. International Journal of Therapy and Rehabilitation. 2005; 12(3): 106-11.
31. Daneshmandi H, Choobineh A, Rajaei Fard A. 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.
32. MacKinnon SN. Relating heart rate and rate of perceived exertion in two simulated occupational tasks. Ergonomics. 1999; 42(5): 761-6.
33. Karavatas S, Tavakol K. Concurrent validity of Borg's rating of perceived exertion In African-American young adults, employing heart rate as she standard. The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice. 2005; 3(1): 1-5
34. Arnhold R, Ng N, Pechar G. Relationship of rated perceived exertion to heart rate and workload in mentally retarded young adults. Adapted Physical Activity Quarterly. 1992.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]

35. Penko AL, Barkley JE, Alberts JL. Validity Of The Borg Rpe Scale For Parkinson's Patients: 805: Board# 6 9: 00 AM-11: 00 AM. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2011; 43(5): 88.
36. Douda H, Kasabalis A, Tokmakidis SP. Application of Ratings of Perceived Exertion and Physiological Responses to Maximal Effort in Rhythmic Gymnasts. International Journal of Applied sports sciences (IJASS). 2006; 18(2): 78-88.
37. Eston R, Lambrick D, Sheppard K, Parfitt G. Prediction of maximal oxygen uptake in sedentary males from a perceptually regulated, sub-maximal graded exercise test. Journal of sports sciences. 2008; 26(2): 131-9.
38. Gamberale F. The perception of exertion. Ergonomics. 1985; 28: 299-308.
39. Davies RC, Rowlands AV, Eston RG. The prediction of maximal oxygen uptake from submaximal ratings of perceived exertion elicited during the multistage fitness test. British journal of sports medicine. 2008; 42(12): 1006-10.
40. Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1987; 56(6): 679-85.
41. Crewe H, Tucker R, Noakes TD. The rate of increase in rating of perceived exertion predicts the duration of exercise to fatigue at a fixed power output in different environmental conditions. European journal of applied physiology. 2008; 103(5): 569-77.
42. Matlabi kashani M, Lahmi M A. Evaluation of physical work capacity at machiningprocess industry in tehran. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2000; 9: 26-7.
43. Inoue M, Fujimura T, Morita H, Inagaki J, Kan H, Harada N. A comparison of heart rate during rest and work in shift workers with different work styles. Industrial health. 2003; 41(4): 343-7.
44. Mehler B, Reimer B, Coughlin JF, Dusek JA. Impact of incremental increases in cognitive workload on physiological arousal and performance in young adult drivers. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2009; 2138(1): 6-12.

[ Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-11-18 ]