



برآورد ظرفیت هوازی و تعیین همبسته های آن در کارگران مرد بخش صنعت شهر شیراز - سال ۱۳۸۹

هادی دانشمندی^۱، علیرضا چوبینه^۲، عبدالرضا رجایی فرد^۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۱۴

تاریخ ویرایش: ۹۰/۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: به منظور ایجاد تناسب فیزیولوژیک بین کار و کارگر می توان از ظرفیت هوازی ($VO_2\text{-max}$) استفاده نمود. این مطالعه با هدف برآورد $VO_2\text{-max}$ و تعیین همبسته های آن در کارگران مرد بخش صنعت شهرستان شیراز، صورت پذیرفت.

روش بررسی: در این مطالعه مقطعی، ۵۰۰ نفر از کارگران مرد کارخانجات شهرستان شیراز که از سلامتی برخوردار بودند، داوطلبانه شرکت نمودند. افراد مورد مطالعه به وسیله ی آزمون ارگومتری بر اساس پروتکل آستراند به مدت ۶ دقیقه مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابزار گردآوری داده ها، پرسشنامه می باشد که خود از دو قسمت تشکیل شده بود. بخش اول ویژگی های دموگرافیک و بخش دوم ویژگی های آنترپومتریک و فیزیولوژیک فرد را شامل می شد.

یافته ها: میانگین و انحراف استاندارد سن در کارگران مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۳۲/۰۱ و ۷/۶۶ سال بدست آمد. ظرفیت هوازی در کارگران مورد مطالعه برابر با $۲/۶۹ \pm ۰/۲۶۳$ لیتر در دقیقه برآورد شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بین ظرفیت هوازی و سن، BMI و تعداد ساعات ورزش در هفته ارتباط معنی داری وجود دارد، در صورتی که بین این متغیر و قد و وزن ارتباط معنی داری مشاهده نشد. همچنین، آزمون های آماری نشان داد که بین ظرفیت هوازی و سیگار کشیدن، ارتباط معنی داری وجود دارد ($p < ۰/۰۵$). متغیرهایی از قبیل ماهیت کار، کار در نظام نوبتی، رضایت از کار و احساس خستگی حین انجام کار، ارتباطی با ظرفیت هوازی جامعه ی مورد مطالعه نداشتند. بر اساس نتایج بدست آمد معادلات رگرسیونی جهت برآورد ظرفیت هوازی ارائه شدند.

نتیجه گیری: از متغیرهایی همچون سن، BMI، سیگار کشیدن و تعداد ساعات ورزش در هفته، می توان به عنوان عوامل موثر بر $VO_2\text{-max}$ نام برد.

کلیدواژه ها: $VO_2\text{-max}$ ، آزمون ارگومتری، پروتکل آستراند، ظرفیت هوازی.

مقدمه

همه ی انواع کارهای فیزیکی متداول است [۵]. با ارزشیابی مقدار نیروی لازم برای انجام کار و سنجش ویژگی های فیزیولوژیک انسان می توان او را به کاری متناسب و در حد تحمل فیزیولوژیک وی گمارد. بدین ترتیب، افزون بر حفظ تندرستی و توانایی جسمی، میزان تولید و بهره دهی نیز فزون تر خواهد شد [۱]. در حدود ۵۰ سال پیش برادی عنوان کرد که انسان می تواند تا ۵۰ درصد بیشترین توانایی خود را در فعالیت های روزانه به مصرف رساند. مدتی بعد آستراند درصدهای کمتر از ۵۰ درصد را پیشنهاد کرد. به دنبال این پیشنهادات بونجر مقدار ۳۳ درصد بیشترین توانایی شخص را به عنوان حد قابل قبول مصرف انرژی

بر خلاف پیشرفت های شگفت تکنولوژیک که در دهه های اخیر حاصل گشته و علی رغم استفاده ی روز افزون از دستگاه های خودکار در امر تولید، باز هم بهره گیری از نیروی جسمانی انسان (فعالیتی که با تلاش فیزیکی و در نتیجه با مصرف انرژی زیاد همراه است و به سیستم قلبی-تنفسی فشار وارد می سازد) در مشاغل گوناگون مانند معدن کاری، ساختمان سازی، حمل و نقل، زراعت و جنگل کاری اجتناب ناپذیر است [۱-۴]. در کشورهای صنعتی حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کارگران هنوز در شغل هایی استخدام می شوند که نیاز به کار ماهیچه ای دارد و در کشورهای در حال توسعه،

۱- کارشناسی ارشد ارگونومی، گروه ارگونومی، دانشکده ی بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران، daneshmand@sums.ac.ir
۲- (نویسنده مسئول) دانشیار، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران، تلفن: ۰۷۱۱-۲۲۵۱۰۲۰، alrchoobin@sums.ac.ir
۳- استاد، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده ی بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران، rajaeefard@sums.ac.ir

گیری $VO_2\text{-max}$ مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱، ۲۱، ۲۸ و ۲۹]. معمولاً دوچرخه‌ی ارگومتر بیشتر از وسایل دیگر در آزمایشگاه‌ها کاربرد دارد [۱].

همچنین به منظور سهولت در کار و ارزیابی حداکثر توان فیزیکی به روش ساده که می‌تواند در کارخانه‌های صنعتی برای انتخاب افراد کاربرد داشته باشد، تاکنون تحقیقات بسیار گسترده‌ای انجام گرفته است. به دنبال این پژوهش‌ها تعدادی الگوهای ریاضی و یا ترسیمی (نمو گرام) پیشنهاد شده است. از میان این الگوها، نمودار آستراند بیشترین کاربرد را دارد [۱].

تا کنون در کشور ما تحقیقات بسیار اندکی در زمینه‌ی برآورد $VO_2\text{-max}$ در گروه‌های جمعیتی گوناگون صورت گرفته است و به ویژه مقدار آن در کارگران بخش صنعت مشخص نیست. همچنین، عوامل موثر بر $VO_2\text{-max}$ نیز ناشناخته مانده است. لذا این مطالعه با هدف برآورد ظرفیت هوازی و تعیین همبسته‌های آن در کارگران مرد بخش صنعت شهر شیراز انجام شده است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند راهنمای ملی سودمندی در فرآیند معاینات قبل از استخدام و انتخاب افرادی که از نظر جسمی و فیزیولوژیکی توانایی انجام کار مورد نظر را داشته باشند، فراهم نماید.

روش بررسی

در این مطالعه مقطعی که از مهر تا دی ماه ۱۳۸۹ انجام گرفت، ۵۰۰ کارگر مرد از بین تمام کارگرانی که برای انجام معاینات دوره‌ای در مقطع زمانی یاد شده به درمانگاه نادر کاظمی شهرستان شیراز مراجعه نموده بودند به صورت تصادفی سیستماتیک انتخاب شدند. با توجه به اینکه تعداد مراجعه کنندگان روزانه به این درمانگاه ۴۰ نفر و حداکثر توان انجام آزمایش ۱۰ نفر در روز بود، عددی بین ۴-۱ به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده انتخاب می‌گردید و آن عدد نفر اول نمونه در نظر گرفته می‌شد. نفرات بعدی به این ترتیب انتخاب می‌شدند که عدد ۴ را به عدد انتخاب شده اضافه کرده و نفر دوم نمونه بدست می‌آمد. به همین ترتیب تا آخر،

پیشنهاد کرد که امروزه نیز مورد پذیرش پژوهشگران و دانشمندان فیزیولوژی کار است. در زمینه‌ی اندازه‌گیری متابولیسم و میزان مصرف اکسیژن در هنگام کار، مارتیز اظهار می‌دارد که بایسته است تمام کارهای بدنی در محدوده‌ی ظرفیت هوازی (Aerobic capacity) انسان انجام شود. در حال حاضر ظرفیت هوازی به عنوان بیشترین ظرفیت انجام کار در طول شیفته، پذیرفته شده است. امروزه دانشمندان بر این باورند که توانایی انجام کار فیزیکی می‌بایست با استفاده از ظرفیت هوازی تعیین شود [۱].

ظرفیت هوازی یا $VO_2\text{-max}$ عبارت است از بیشترین مقدار اکسیژنی که می‌تواند به وسیله‌ی دستگاه تنفسی جذب شود و از طریق خون در اختیار ماهیچه‌های عمل کننده قرار گیرد [۱ و ۶-۱۲] به عنوان یک استاندارد درجه یک برای اندازه‌گیری حد عملی سیستم قلبی-تنفسی مورد توجه قرار گرفته است [۷، ۹، ۱۱ و ۱۳-۱۸].

$VO_2\text{-max}$ به میزان زیادی در افراد مختلف متفاوت بوده و متأثر از عوامل متعدد نظیر فاکتورهای جسمانی، روانی [۱۹]، محیطی [۱۹ و ۲۰] و ویژگی‌های فیزیولوژیک فرد می‌باشد [۱۹]. همچنین، $VO_2\text{-max}$ با افزایش سن، کاهش می‌یابد [۷، ۱۷ و ۲۱-۲۵] و در زنان نسبت به مردان پایین‌تر است [۱۷ و ۲۱] بطوری‌که بیشترین مقدار $VO_2\text{-max}$ ، در سنین ۲۵-۱۸ سال مشاهده شده است [۱۹]. مطالعات نشان داده‌اند که ورزش و تمرین باعث افزایش $VO_2\text{-max}$ در فرد می‌گردد [۲۶ و ۲۷].

برای سنجش $VO_2\text{-max}$ شیوه‌های گوناگونی وجود دارد. $VO_2\text{-max}$ می‌تواند به صورت مستقیم یا غیرمستقیم اندازه‌گیری شود. سنجش مستقیم $VO_2\text{-max}$ معمولاً در افراد جوان و ورزشکار انجام می‌شود و اندازه‌گیری غیرمستقیم، که فشار فیزیولوژیک کمتری بر فرد وارد می‌کند، برای جوامع صنعتی مناسب‌تر می‌باشد [۱۹].

دوچرخه‌ی ارگومتر، نوار نقاله (Treadmill) و پلکان (Step test) از جمله وسایلی هستند که به منظور اندازه

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فردی کارگران مورد مطالعه (n=۵۰۰).

| | | |
|-----------------------|----------------------------|---------------------|
| سن (سال) | میانگین (انحراف استاندارد) | حد اقل-حداکثر |
| وزن (Kg) | میانگین (انحراف استاندارد) | حد اقل-حداکثر |
| قد (Cm) | میانگین (انحراف استاندارد) | حد اقل-حداکثر |
| سابقه کار (سال) | میانگین (انحراف استاندارد) | حد اقل-حداکثر |
| ورزش در هفته (ساعت) | میانگین (انحراف استاندارد) | حد اقل-حداکثر |
| BMI* | میانگین (انحراف استاندارد) | حد اقل-حداکثر |
| وضعیت تأهل | مجرد | متاهل |
| میزان تحصیلات | راهنمایی و کمتر | متوسطه و دیپلم عالی |
| ماهیت کار | استاتیک | دینامیک |
| نظام کار | نوبت کار | روز کار |
| استعمال دخانیات | بلی | خیر |
| رضایت از کار | بلی | خیر |
| احساس خستگی هنگام کار | بلی | خیر |

* Body Mass Index

فرد بر حسب $l \cdot \text{min}^{-1}$ یا $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ بدست می‌آید. به منظور انجام آزمایش مربوطه از دوچرخه‌ی ارگومتر مدل MONARK (Ergomedic 839 E) ساخت کشور سوئد استفاده گردید.

۳- اندازه‌گیری پارامترهای محیطی، قد، وزن:
الف) پارامترهای محیطی: با استفاده از دماسنج معمولی، دماسنج چرخان و فشارسنج به ترتیب دمای خشک، دمای تر و فشار هوای محل انجام آزمایش اندازه‌گیری می‌شد. با استفاده از چارت سایکرومتری،

نمونه‌ها انتخاب می‌شدند. چنانچه هر یک از کارگران انتخاب شده به هر دلیلی (عدم حضور، عدم تمایل به شرکت در مطالعه، بیماری‌های قلبی-عروقی، بیماری‌های تنفسی و ...) از نمونه خارج می‌شدند، نفر بعدی در لیست، جایگزین وی می‌شد. در این مطالعه بخشی از داده‌ها به وسیله‌ی پرسشنامه و بخشی دیگر از طریق اندازه‌گیری مستقیم، گردآوری شدند که در زیر به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود:

۱- پرسشنامه: پرسشنامه‌ی مورد استفاده از دو قسمت تشکیل شده است که قسمت اول به صورت مصاحبه حضوری و قسمت دوم از طریق اندازه‌گیری پارامترهای لازم توسط محقق تکمیل می‌گردید. قسمت اول پرسشنامه به سؤالاتی در مورد سن، سابقه‌ی کار، شغل، وضعیت تأهل، میزان تحصیلات، ابتلا به بیماری‌های خاص، ماهیت کار (استاتیک و دینامیک)، نظام کار (نوبت کاری و روز کاری)، مصرف دخانیات، تعداد ساعات ورزش در هفته، میزان رضایت از کار، احساس خستگی در حین کار و مصرف دارو اختصاص یافته و قسمت دوم پرسشنامه، خود از دو بخش شامل اندازه‌گیری‌های آنروپومتریکی و اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیک تشکیل شده است.

۲- اندازه‌گیری $\text{VO}_2\text{-max}$: در این مطالعه، برای برآورد $\text{VO}_2\text{-max}$ از دوچرخه‌ی ارگومتر و پروتکل آستراند استفاده شد. به منظور انجام آزمایش، شخص بر روی دوچرخه به مدت ۶ دقیقه [۳۰]، رکاب می‌زند تا ضربان قلب وی به بیش از ۱۲۰ ضربه در دقیقه برسد. پایش ضربان قلب حین کار با دوچرخه‌ی ارگومتر با استفاده از یک فرستنده، که بر روی سینه‌ی فرد نصب می‌گردید، صورت می‌گرفت. این فرستنده به صورت بی‌سیم، ضربان قلب را مخابره کرده و این امکان را فراهم می‌نمود تا نرخ ضربان قلب فرد در محیط نرم افزار دستگاه قابل مشاهده باشد. پس از انجام آزمایش، با استفاده از قسمت نرم افزاری دوچرخه، آنالیز مربوط به آن آزمایش انجام می‌گردید و $\text{VO}_2\text{-max}$

جدول ۲: توزیع فراوانی کارگران مورد مطالعه بر اساس نوع صنعت (n=۵۰۰)

| صنعت | تعداد | درصد |
|---------|-------|------|
| شیمیایی | ۱۷۷ | ۳۵/۴ |
| غذایی | ۱۶۷ | ۳۳/۴ |
| سایر* | ۱۵۶ | ۳۱/۲ |

* صنایع تولید سازه های فلزی، مصالح ساختمانی، تولید نخ، چوب و ...

جدول ۳: برآورد ظرفیت هوازی در جامعه‌ی مورد مطالعه (n=۵۰۰)

| ظرفیت هوازی | میانگین | انحراف استاندارد | حداقل | حداکثر |
|--|---------|------------------|-------|--------|
| $l \cdot \text{min}^{-1}$ | ۲/۶۹ | ۰/۲۶۳ | ۱/۷۱ | ۳/۵۰ |
| $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ | ۳۵/۹۵ | ۷/۳۹ | ۱۹/۵۰ | ۵۸/۰۴ |

اندازه گیری و در فرم مربوطه ثبت می‌شدند. سپس تنظیمات دوچرخه‌ی ارگومتر با توجه به استاندارد موجود برای هر فرد، انجام شده و بر اساس پروتکل آستراند در حالی که فرد لباس سبک به تن داشت، آزمایش انجام می‌پذیرفت [۳۲]. لازم به ذکر است که کلیه‌ی آزمایشات از ساعت ۸ صبح تا ۲ بعد از ظهر انجام گرفتند.

پس از انجام آزمایشات، داده های گردآوری شده با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه‌ی ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در این مطالعه به دلیل نرمال نبودن داده‌ها از آزمون‌های آماری نان پارامتریک استفاده گردید. از آزمون Kruskal-Wallis به منظور تعیین اختلاف بین میانگین $\text{VO}_2\text{-max}$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) در بین گروه‌های مختلف و آزمون Mann-Whitney U مستقل به منظور تعیین اختلاف میانگین $\text{VO}_2\text{-max}$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) در گروه‌های مختلف به صورت دو به دو استفاده شد. همچنین به منظور تعیین رابطه‌ی ریاضی بین $\text{VO}_2\text{-max}$ و متغیرهای مختلف به صورت جداگانه از رگرسیون خطی ساده و از رگرسیون چندگانه به منظور ارائه‌ی مدل نهایی جهت برآورد $\text{VO}_2\text{-max}$ در کارگران مورد مطالعه استفاده شد.

یافته‌ها

به طور متوسط دمای محیط آزمایش ۲۰/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، فشار هوا ۸۵۷ میلی بار و رطوبت نسبی ۴۱ درصد، تعیین شدند. در جدول ۱، برخی ویژگی‌های

رطوبت نسبی نیز محاسبه گردید [۳۱].
(ب) قد: با استفاده از متر نواری در شرایط تعریف شده و استاندارد [۳۲] طول قد افراد مورد مطالعه اندازه گیری می‌شد.

(ج) وزن: اندازه گیری وزن، با استفاده از ترازوی دیجیتال انجام گرفت.

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

(د) BMI نیز با استفاده از فرمول $BMI = \frac{\text{وزن}}{\text{قد}^2}$ محاسبه گردید که در این فرمول وزن بر حسب کیلوگرم و قد بر حسب متر می‌باشد.

روش انجام کار بدین ترتیب بود که با انجام هماهنگی‌های لازم با مرکز بهداشت شهرستان شیراز، از نمونه‌ی مورد نظر که به منظور انجام معاینات دوره‌ای به درمانگاه نادر کاظمی مراجعه نموده بود، دعوت به همکاری و شرکت در مطالعه می‌شد و چنانچه هر یک از کارگران انتخاب شده به هر دلیلی (عدم حضور، عدم تمایل به شرکت در مطالعه، بیماری‌های قلبی-عروقی، بیماری‌های تنفسی و ...) از نمونه خارج می‌شدند، نفر بعدی در لیست، جایگزین وی می‌شد، در غیر این صورت در مطالعه شرکت داده می‌شد. قبل از شروع آزمایش، فرم رضایت نامه‌ی کتبی در اختیار فرد قرار می‌گرفت تا پس از آگاهی از مفاد آن در صورت تمایل نسبت به امضای آن اقدام نماید. پرسشنامه‌ی اطلاعات دموگرافیک به صورت مصاحبه برای هر کارگر تکمیل می‌گردید و همچنین قد و وزن با روش‌های ذکر شده

جدول ۴: برآورد ظرفیت هوازی در گروه های سنی مختلف در کارگران مورد مطالعه (n=۵۰۰)

| $VO_2\text{-max (l.min}^{-1}\text{)}$ | | | | گروه های سنی |
|---------------------------------------|------------------|-------|--------|---------------|
| میانگین | انحراف استاندارد | حداقل | حداکثر | (سال) |
| ۲/۸۴ | ۰/۱۶۵ | ۲/۴۵ | ۳/۵۰ | ۲۰-۲۹ (n=۲۲۷) |
| ۲/۶۶ | ۰/۱۸۳ | ۲/۰۰ | ۲/۹۷ | ۳۰-۳۹ (n=۱۹۸) |
| ۲/۳۸ | ۰/۲۴۱ | ۱/۷۸ | ۲/۷۳ | ۴۰-۴۹ (n=۵۵) |
| ۲/۱۳ | ۰/۲۷ | ۱/۷۱ | ۲/۵۶ | ۵۰-۵۹ (n=۲۰) |

جدول ۵: برآورد ظرفیت هوازی در گروه های وزنی مختلف در کارگران مورد مطالعه (n=۵۰۰)

| $VO_2\text{-max (l.min}^{-1}\text{)}$ | | | | گروه های وزنی (kg) |
|---------------------------------------|------------------|-------|--------|--------------------|
| میانگین | انحراف استاندارد | حداقل | حداکثر | |
| ۲/۷۲ | ۰/۲۷ | ۱/۹۱ | ۳/۱۷ | <۶۰ (n=۴۲) |
| ۲/۷۵ | ۰/۲۵ | ۱/۹۹ | ۳/۵۰ | ۶۰-۷۰ (n=۱۱۳) |
| ۲/۶۵ | ۰/۳۱ | ۱/۷۱ | ۳/۳۱ | ۷۱-۸۰ (n=۱۴۶) |
| ۲/۶۸ | ۰/۲۲ | ۱/۹۷ | ۳/۲۴ | >۸۰ (n=۱۹۹) |

این معادله که در آن $VO_2\text{-max}$ بر حسب لیتر در دقیقه و سن بر حسب سال می باشد، نشان می دهد که با افزایش سن، ظرفیت هوازی کاهش می یابد (شکل ۱).

در جدول ۵، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر ظرفیت هوازی در کارگران مورد مطالعه در گروه های وزنی مختلف ارائه شده است. آزمون آماری Kruskal-Wallis مشخص ساخت که میانگین $VO_2\text{-max}$ در گروه های وزنی مختلف دارای اختلاف معنی داری نمی باشد ($p=۰/۰۶۴$).

در جدول ۶، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر بیشترین ظرفیت هوازی در کارگران مورد مطالعه بر اساس طول قد ارائه شده است. آزمون آماری Kruskal-Wallis نشان داد که میانگین $VO_2\text{-max}$ در گروه های قدی مختلف دارای اختلاف معنی داری نمی باشد ($p=۰/۳۶۴$).

جدول ۷، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر ظرفیت هوازی در جامعه ی مورد مطالعه را بر اساس BMI نشان می دهد. همان گونه که در این جدول ملاحظه می شود در بین ۴ گروه BMI [۳۳]، ظرفیت هوازی در گروهی که BMI طبیعی دارد بیشترین مقدار است. نتایج آزمون آماری Kruskal-Wallis مشخص نمود که میانگین $VO_2\text{-max}$

دموگرافیک و فردی افراد مورد مطالعه ارائه شده است. افراد مورد مطالعه در صنایع مختلف شهر شیراز شامل مواد شیمیایی، مواد غذایی، و سایر صنایع مشغول به کار بودند. در جدول ۲، توزیع فراوانی کارگران مورد مطالعه بر اساس نوع صنعت ارائه شده است.

در جدول ۳، ظرفیت هوازی در کارگران مورد مطالعه ارائه شده است. در جدول ۴، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر ظرفیت هوازی در کارگران مورد مطالعه در گروه های سنی مختلف ارائه شده است. همان گونه که در این جدول ملاحظه می شود، با افزایش سن، میانگین ظرفیت هوازی کاهش می یابد. با استفاده از آزمون آماری Kruskal-Wallis مشخص گردید که میانگین $VO_2\text{-max}$ در گروه های سنی مختلف دارای اختلاف معنی داری است ($p<۰/۰۰۱$). آزمون آماری Mann-Whitney U مستقل نیز مشخص نمود که میانگین $VO_2\text{-max}$ در گروه های سنی مختلف به صورت دو به دو دارای اختلاف معنی دار هستند ($p<۰/۰۰۱$).

همچنین، تحلیل رگرسیون خطی ساده بین $VO_2\text{-max}$ و سن افراد نشان داد که رابطه خطی قوی ($r=-۰/۷۹۶$) بین این دو متغیر به صورت معادله ی زیر وجود دارد.

$$VO_2 - \max (l. \min^{-1}) = (-0.027 \times \text{age}) + 3.572$$

گروه‌های طبیعی و دارای اضافه وزن ($p < 0.001$) و طبیعی و چاق ($p = 0.005$) دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

همچنین، تحلیل رگرسیون خطی ساده بین $VO_2\text{-max}$ و BMI نشان داد که رابطه خطی ($r = -0.158$) بین این دو متغیر به صورت معادله‌ی زیر وجود دارد.

$$VO_2 - \max (l. \min^{-1}) = (-0.012 \times BMI) + 2.982$$

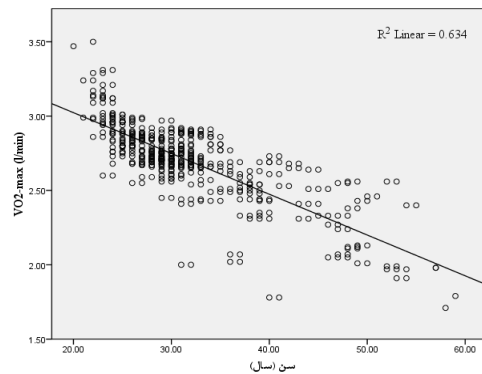
این معادله که در آن $VO_2\text{-max}$ بر حسب لیتر در دقیقه و $BMI = \frac{\text{وزن}}{\text{قد}^2}$ می‌باشد، نشان می‌دهد که با افزایش BMI، ظرفیت هوازی کاهش می‌یابد (شکل ۲). تحلیل رگرسیون خطی ساده بین $VO_2\text{-max}$ و میزان ساعت ورزش کردن افراد در هفته نشان داد که با افزایش تعداد ساعت ورزش در هفته، $VO_2\text{-max}$ نیز افزایش می‌یابد ($r = 0.37$). این موضوع در شکل ۳ نشان داده شده است.

همچنین تحلیل رگرسیون خطی چندگانه بین $VO_2\text{-max}$ ، سن، BMI و تعداد ساعات ورزش در هفته نشان داد که رابطه خطی قوی ($r = 0.818$) بین متغیرهای یاد شده به صورت معادله‌ی زیر وجود دارد.

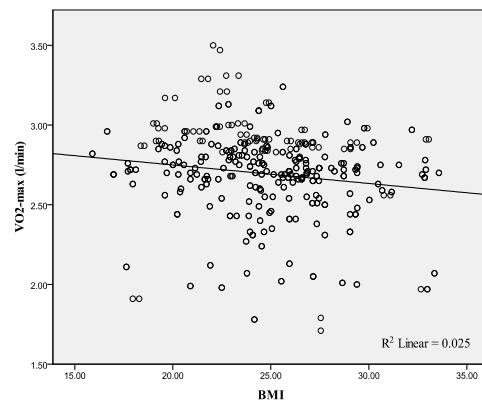
$$VO_2 - \max (l. \min^{-1}) = (-0.026 \times \text{age}) - (0.002 \times BMI) + (0.014 \times \text{Exercise}) + 3.516$$

که در این فرمول، $VO_2\text{-max}$ بر حسب لیتر در دقیقه و سن بر حسب سال، $BMI = \frac{\text{وزن}}{\text{قد}^2}$ و Exercise تعداد ساعات ورزش در هفته می‌باشد.

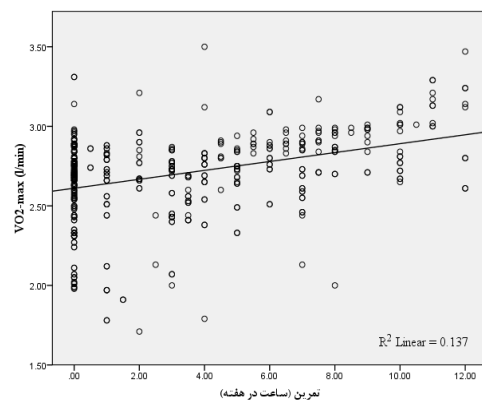
در جدول ۸ میانگین و انحراف استاندارد ظرفیت هوازی در جامعه‌ی مورد مطالعه بر حسب ماهیت کار، نوع نظام کار، رضایت از کار، احساس خستگی هنگام کار و استعمال دخانیات ارائه شده است. آزمون آماری Mann-Whitney U مستقل نشان داد که از بین متغیرهای یاد شده تنها استعمال دخانیات با ظرفیت هوازی ارتباط معنی‌داری داشته به گونه‌ای که $VO_2\text{-max}$



شکل ۱: رابطه‌ی ظرفیت هوازی با سن افراد مورد مطالعه ($n=500$)



شکل ۲: رابطه‌ی ظرفیت هوازی با BMI در افراد مورد مطالعه ($n=500$)



شکل ۳: رابطه‌ی بین $VO_2\text{-max}$ و تعداد ساعات ورزش در هفته ($n=500$)

گروه‌های مختلف BMI دارای اختلاف معنی‌داری است ($p < 0.001$). آزمون آماری Mann-Whitney U مستقل نیز مشخص ساخت که میانگین $VO_2\text{-max}$

جدول ۶: میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثر بیشترین ظرفیت هوازی کارگران مورد مطالعه بر اساس گروه های قد ($n = 500$)

| $VO_2\text{-max}$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) | | | | گروه های قد (سانتی متر) |
|---|------------------|-------|--------|-------------------------|
| میانگین | انحراف استاندارد | حداقل | حداکثر | |
| ۲/۶۵ | ۰/۳۶ | ۱/۷۱ | ۳/۵۰ | $(n=52) < 170$ |
| ۲/۶۹ | ۰/۲۶ | ۱/۷۸ | ۳/۳۱ | $(n=341) 170-180$ |
| ۲/۷۱ | ۰/۲۰ | ۱/۹۸ | ۳/۱۴ | $(n=107) > 180$ |

جدول ۷: برآورد ظرفیت هوازی در گروه های مختلف BMI در بین کارگران مورد مطالعه ($n=500$)

| تعداد | $VO_2\text{-max}$ ($l \cdot \text{min}^{-1}$) | | | | گروه های BMI* |
|-------|---|------------------|-------|--------|-------------------------|
| | میانگین | انحراف استاندارد | حداقل | حداکثر | |
| ۲۳ | ۲/۶۲ | ۰/۳۰ | ۱/۹۱ | ۲/۹۶ | لاغر (< 18.5) |
| ۲۴۵ | ۲/۷۴ | ۰/۲۶ | ۱/۷۸ | ۳/۵۰ | طبیعی ($18.5-24.9$) |
| ۱۹۶ | ۲/۶۵ | ۰/۲۴ | ۱/۷۱ | ۳/۲۴ | اضافه وزن ($25-29.9$) |
| ۳۶ | ۲/۶۱ | ۰/۲۷ | ۱/۹۷ | ۲/۹۷ | چاق (≥ 30) |

*Lee and Nieman (2003)

نتایج مطالعه‌ی مالک و همکاران ($4/451 \pm 0/629$) لیتر در دقیقه) [۳۵] به طور قابل توجهی کمتر است. نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه‌ی تاکسورت و شاهنواز که در یک جامعه‌ی کارگری ایرانی، روشی برای برآورد $VO_2\text{-max}$ ، طراحی و ارائه داده بودند و با این روش $VO_2\text{-max}$ جامعه‌ی مورد نظر ($2/65$ لیتر در دقیقه) را برآورد کردند [۳۶] نزدیک است. همچنین $VO_2\text{-max}$ برآورد شده از این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه‌ی چوبینه و همکاران که با استفاده از تست پله بر اساس پروتکل تاکسورت و شاهنواز، $VO_2\text{-max}$ جامعه‌ی کارگری مرد را در شهرستان سپیدان مورد مطالعه قرار دادند [۳۷]، نزدیک است.

تحلیل رگرسیون خطی بین $VO_2\text{-max}$ با سن نشان داد که ارتباط معنی داری بین متغیرهای یاد شده وجود دارد که این یافته با یافته‌های مطالعات پیشین توافق دارد [۸ و ۱۸ و ۲۲-۲۶]. همچنین، تحلیل رگرسیون خطی بین $VO_2\text{-max}$ با وزن و BMI نشان داد که ارتباط معنی داری بین متغیرهای یاد شده وجود دارد که این موضوع نیز یافته‌های مطالعات پیشین را تأیید می‌کند [۳۸]. نتایج این مطالعه مشخص ساخت که بین $VO_2\text{-max}$ و سیگار کشیدن ارتباط معنی داری وجود دارد که با نتایج مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد [۳۷].

افراد غیر سیگاری به طور معنی داری بیش از افراد سیگاری بوده است ($p < 0/001$).

بحث

جامعه‌ی مورد مطالعه نسبتاً جوان بوده ($32/01 \pm 7/66$) و دارای قدی نسبتاً بلند می‌باشند ($176/10 \pm 5/93$). همچنین از نتایج چنین بر می‌آید که اکثر افراد مورد مطالعه در گستره‌ی طبیعی BMI قرار می‌گیرند ($24/82 \pm 3/58$). میانگین و انحراف استاندارد $VO_2\text{-max}$ بر حسب لیتر در دقیقه و $ml \cdot kg^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ به ترتیب برابر با $2/69 \pm 0/263$ و $35/95 \pm 7/39$ به دست آمد.

ظرفیت هوازی برآورد شده در این مطالعه نسبت به نتایج حاصل از مطالعه‌ی لحمی و همکاران در دانشجویان مرد یکی از دانشگاه‌های کشور ($2/90 \pm 0/46$ لیتر در دقیقه) [۱]، پایین‌تر می‌باشد. ظرفیت هوازی برآورده شده در این مطالعه با نتایج حاصل از مطالعه‌ی ای که مطلبی و همکاران بر روی ۱۰۵ کارگر مرد ایرانی در ۳ رده‌ی سنی ۲۹-۳۰، ۳۹-۴۰ و ۴۹-۴۰ انجام دادند و $VO_2\text{-max}$ را در این رده‌های سنی به ترتیب ۳/۴، ۲/۷ و ۲/۳ لیتر در دقیقه به دست آوردند [۳۴]، نزدیک است. ظرفیت هوازی برآورده شده در مطالعه‌ی حاضر با

جدول ۸: میانگین و انحراف استاندارد ظرفیت هوازی بر اساس ماهیت کار، نوع نظام کار، رضایت از کار، احساس خستگی هنگام کار و استعمال دخانیات (n=۵۰۰)

| p-value* | VO ₂ -max (l.min ⁻¹) | | متغیر |
|----------|---|---------|---------------------------------------|
| | انحراف معیار | میانگین | |
| ۰/۶۶۸ | ۰/۲۹ | ۲/۶۸ | ماهیت کار: استاتیک (n=۲۵۵) |
| | ۰/۲۳ | ۲/۷۰ | دینامیک (n=۲۴۵) |
| ۰/۵۵۲ | ۰/۲۳ | ۲/۶۹ | نظام کار: نوبت کار (n=۲۳۴) |
| | ۰/۲۸ | ۲/۶۹ | روز کار (n=۲۶۶) |
| ۰/۸۶۳ | ۰/۲۶ | ۲/۶۹ | رضایت از کار: بلی (n=۴۲۹) |
| | ۰/۲۶ | ۲/۶۷ | خیر (n=۷۱) |
| ۰/۱۸۴ | ۰/۲۴ | ۲/۶۷ | احساس خستگی هنگام کار: بلی (n=۲۲۵) |
| | ۰/۲۷ | ۲/۷۱ | خیر (n=۲۷۵) |
| <۰/۰۰۱ | ۰/۲۸ | ۲/۵۷ | استعمال دخانیات: بلی (n=۶۰) |
| | ۰/۲۵ | ۲/۷۰ | خیر (n=۴۴۰) |

*آزمون من-ویتنی مستقل بین دو گروه

موضوع، تاکنون مطالعات اندکی در این زمینه در ایران صورت گرفته است. نتایج این مطالعه تا حدودی می‌تواند خلأ موجود در این زمینه را پر کند. نتایج این مطالعه نشان داد که بین VO₂-max و سن، BMI و تعداد ساعات ورزش در هفته ارتباط معنی داری وجود دارد، در صورتی که بین بیشترین ظرفیت هوازی و وزن و قد افراد مورد مطالعه ارتباط معنی داری مشاهده نشد. همچنین، بین VO₂-max و سیگار کشیدن ارتباط معنی داری وجود دارد و متغیرهایی از قبیل ماهیت کار، نظام کار، رضایت از کار و احساس خستگی حین انجام کار، ارتباطی با ظرفیت هوازی جامعه‌ی مورد مطالعه نداشتند. بر این اساس، از متغیرهای سن، BMI، تعداد ساعات ورزش در هفته و سیگار کشیدن می‌توان به عنوان عوامل موثر بر VO₂-max نام برد.

با استفاده از معادلات رگرسیون توسعه یافته در این تحقیق می‌توان با تعیین سن، BMI و تعداد ساعات ورزش کردن در هفته در کارگر ایرانی که به راحتی قابل سنجش می‌باشند، ظرفیت هوازی وی را بدون نیاز به

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین VO₂-max در افراد ورزشکار و غیر ورزشکار از لحاظ آماری، دارای اختلاف معنی داری هستند که مؤید نتایج مطالعات پیشین است [۲۶ و ۲۷].

متغیرهایی از قبیل ماهیت کار، نظام کار، رضایت از کار و احساس خستگی حین انجام کار، ارتباطی با بیشترین ظرفیت هوازی جامعه‌ی مورد مطالعه نداشتند. در مطالعات پیشین نیز چنین یافته‌ای گزارش شده است [۳۷].

همان‌طور که در بخش یافته‌ها اشاره شد، ارتباط بین VO₂-max، سن، BMI، تعداد ساعات ورزش در هفته به صورت معادله‌ی نهایی مشخص و با استفاده از این معادله می‌توان با کمترین اندازه گیری، VO₂-max را در کارگران ایرانی برآورد نمود.

نتیجه گیری

تعیین ظرفیت هوازی در کارگران از اهمیت بسزایی در مبحث ارگونومی شغلی برخوردار است. برخلاف این

maximal O₂ uptake in rat skeletal muscles in situ” Journal of Physiology. 2002; 541(3): 1003–1012.

9. Astorino, T A. Willey, J. Kinnahan, J. Larsson, S M. Welch, H. Dalleck, L C. “Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at VO₂Max” Br J Sports Med. 2005; 39: 655-660.

10. Hale, T. “Exercise Physiology” JohnWiley & Sons, U.S.A; 2003, PP. 19.

11. Wilmore, J H. Costill, D L. “Physiology of Sport And Exercise”. Translation: Moeini Z., and others, Ten edition, Mobtakeran, Volume I; 2008, p. 254.

12. Zoolaktaf, V. et al. “Estimation of VO₂-max by octagon aerobic test”. Motor and Sport Science Journal. 2007; 2(10): 85-93.

13. Myhre, L. Tolan, G. Bauer, D. Fischer, J. “Validity of submaximal cycle ergometry for estimation aerobic capacity”. United States Air Force Research Laboratory. August 1998; p. 1.

14. Lambrick, D M. Faulkner, J A. Rowlands, A V. Eston, R G.” Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal ratings of perceived exertion and heart rate during a continuous exercise test: the efficacy of RPE 13” Eur J Appl Physiol. 2009; 107: 1-9.

15. Ladyga, M. Faff, J. “Assessment of the accuracy of prediction Of the maximal oxygen uptake based on submaximal exercises in the former elite rowers and paddlers” Biology of Sport. 2005; 22(2).

16. Verma, S S. Gupta, J S. Malhotra, M S. “Prediction of maximal aerobic power in men” Europ. J. Physiol. 1977; 36:215-22.

17. Yoopat, P. Toicharoen, P. Boontong, S. Glinsukon, T. Vanwongerghem, K. Louhevaara, V. “Cardiorespiratory capacity of Thai workers in different age and job categories” J Physiol Anthropol. 2002; 21(2): 121-28.

18. Uth, N. Sørensen, H. Overgaard, K. Pedersen, P K. “Estimation of VO₂-max from the ratio between HRmax and HRrest – the Heart Rate Ratio Method” Eur J Appl Physiol. 2004; 91: 111-15.

19. Tayyari, F. Smith, J L. “Occupational Ergonomics” Chapman & Hall, 1st edition, U.S.A; 1997, p. 108-113.

20. Wilmore, J H. Costill, D L. “Physiology of Sport And Exercise”. Translation: Moeini Z., and others, six edition, Mobtakeran, Volume II; 2007, p. 316.

21. Rodahl, K. “The Physiology of Work”. Taylor & Francis, U.S.A; 2005, p.44.

22. Schiller, B C. Casas, Y G. Desouza, C A. Seals, D R. “Maximal aerobic capacity across age in

دستگاه‌های آزمایشگاهی گران قیمت و پیچیده (نظیر ارگومتر) و شرایط خاص برآورد نمود.

یافته‌های این مطالعه می‌تواند راهنمای ملی مناسبی در فرآیند معاینات قبل از استخدام و انتخاب افرادی که از نظر جسمانی و فیزیولوژیکی توانایی انجام کار مورد نظر را داشته باشند، فراهم نماید.

تقدیر و تشکر

بدین وسیله از آقای دکتر محمدجواد لولیا مدیر درمانگاه نادر کاظمی، آقای دکتر حمیدرضا مصطفوی و خانم آمنه حسینی که در انجام این مطالعه محققان را یاری نمودند، سپاسگزاری می‌شود. این مطالعه برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای هادی دانشمندی و به وسیله‌ی حوزه‌ی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شیراز بر اساس قرارداد شماره ۵۳۰۱-۸۹ حمایت مالی شده است.

منابع

1. Mououdi MA, Choobineh AR. “Ergonomics in practice: selected ergonomics topics”. Tehran: Nashr-e-Markaz; 1999, p. 81-94.
2. Kroemer, K. H. E.; Grandjean, E.: “Fitting the Task to the Human : A Textbook of Occupational Ergonomics”. 5Th Ed, Taylor & Francis Routledge, U.S.A; 1997, p. 101.
3. Abdoli Eramaki M. “Occupational Biomechanics & Design of Workplace (Ergonomics)”. Omid-e-majd; 1999, PP. 237.
4. Louhevaara, V. In: “The Occupational Ergonomics”. (Karwowski, W. Marras, W S.). CRC Press, U.S.A; 1999, PP. 261.
5. Wilson, J R. Corlett, N. “Evaluation of human work”. 3TH Ed, Taylor & Francis, U.S.A; 2005, p.429,444, 445, 449.
6. Akalan, C. Robergs, R A. Kravitz, L. “Prediction of VO₂-max from an individualized submaximal cycle ergometer protocol” Journal of exercise physiology online(JEP). 2008; 11.
7. Huggett, D L. Connelly, D M. Overend, T J. “Maximal Aerobic Capacity Testing of Older Adults: A Critical Review” Journal of Gerontology: Medical Sciences. 2005; 60A (1): 57-66.
8. Hepple, R T. Hagen, J L. Krause, D. “Oxidative capacity interacts with oxygen delivery todetermine

Journal of Strength and Conditioning. 2005; 19(3): 559-65.

36. Tuxworth, W. Shahnawaz, H. "The design and evaluation of a step test for the rapid prediction of physical work capacity in an unsophisticated industrial work force" *Ergonomics*. 1977; 20(2): 181-91.

37. Choobineh A. et al. "Estimation of Aerobic Capacity (VO₂-max) and Study of Its Associated Factors among Male Workers of Industrial Factories in Sepidan/Fars Province, 2009". In Press

38. Grassi GP, Turci M, Sforza C. "Aerobic fitness and somatic growth in adolescents: a cross sectional investigation in a high school context" *J Sports Med Phys Fitness*. 2006 Sep; 46(3):412-8.

healthy Hispanic and Caucasian women" *J Appl Physiol*. 2001; 91: 1048-54.

23. Tanaka, H. Desouza, C A. Jones, P P. Stevenson, E T. Davy, K P. Seals, D R. "Greater rate of decline in maximal aerobic capacity with age in physically active vs. sedentary healthy women" *J Appl Physiol*. 1997; 83: 1947-1953.

24. Ładyga, M. Faff, J. Burkhard-Jagodzińska, K. "Age-related decrease of the indices of aerobic capacity in the former elite rowers and kayakers" *Biology of Sport*. 2008; 25(3): 245-61.

25. Beere, P A. Russell, S D. Morey, M C. Kitzman, D W. Higginbotham, M B. "Aerobic Exercise Training Can Reverse Age-Related Peripheral Circulatory Changes in Healthy Older Men" *Circulation*. 1999; 100: 1085-94.

26. Guyton, A. Hall, J E. "Guyton Medical Physiology". Translation: Bigdeli, M. R., and others. First edition, Nashr-e-Tabib, Volume II; 2005, p.1179.

27. Brauer, RL. "Safety and health for engineers" John Wiley & Sons, U.S.A; 2006, p. 611.

28. Teraslinna, P. Ismail, A H. Macleod, D F. "Nomogram by Astrand and Ryhming as a predictor of maximum oxygen intake" *J. Appl. Physiol*. 1966; 21(2): 513-15.

29. Petrella, R J. Koval, J J. Cunningham, D A. Paterson, D H. "A Self-Paced Step Test to Predict Aerobic Fitness in Older Adults in the Primary Care Clinic" *J Am Geriatr Soc*. 2001; 49: 632-8.

30. Faulkner, J. Parfitt, G. Eston, R. "Prediction of maximal oxygen uptake from the ratings of perceived exertion and heart rate during a perceptually-regulated sub-maximal exercise test in active and sedentary participants" *Eur J Appl Physiol*. 2007; 101: 397-407.

31. Golbabaee F. Omidvari M. "Man and Thermal Environment". Tehran University; 2008, PP. 86-89.

32. Dwyer, G. Davis, S E. "ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual" Second edition, Wolters Kluwer ILippincott Williams & Wilkins, U.S.A; 2008, p. 11-124.

33. Lee RD, Nieman DC. "Nutritional Assessment". 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003: 164-167 and 180.

34. Egwu, M O. "Effect of Psycho-physical Stress on the Preference of Non-Athletic Youths for Intermittent or Continuous Bench-Stepping" *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2009; 3(1): 22-6.

35. Malek MH, Housh TJ, Berger DE, Coburn JW, Beck TW. "A new non-exercise-based VO₂-max prediction equation for aerobically trained men"

Estimation of aerobic capacity and determination of its associated factors among male workers of Industrial Sector of Shiraz City, 2010

H. Daneshmandi ¹, A.R. Choobineh ², A.R. Rajaei Fard ³

Received: 2011/04/21

Revised: 2011/06/12

Accepted: 2011/09/05

Abstract

Background and Aim: In order to physiologically fit the job to the worker's capability, maximum aerobic capacity (VO₂-max) is used. This study was conducted to estimate VO₂-max and determine its associated factors among workers of industrial sector of Shiraz city.

Method: In this cross-sectional study, 500 healthy male workers employed in Shiraz city industries participated voluntarily. Subjects' aerobic capacity was assessed by ergocycle test according to Astrand protocol for 6 minutes. A questionnaire consisted of two parts covering demographic, anthropometric and physiological characteristics was used as data collecting tool.

Results: Mean and standard deviation of age of workers was 32.01 and 7.66 years, respectively. Worker's aerobic capacity was estimated to be 2.69±0.263 l.min⁻¹. The results showed that there was association between VO₂-max and age, weight and BMI while no association was found between VO₂-max and height. Also, statistical analysis revealed association between VO₂-max and smoking and exercise per week (p<0.05). Nature of work, shift working, job satisfaction and fatigue had no association with aerobic capacity. Based on the results, regression equations were developed for estimation of aerobic capacity.

Conclusion: Aerobic capacity had association with age, weight, BMI, exercise and smoking.

Keywords: VO₂-max, ergocycle test, Astrand protocol, Aerobic capacity.

1. MSc, Ergonomics Department, School of Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.

2. **Corresponding author**, Associate Professor, Research Center for Health Sciences, Shiraz University of Medical Sciences. Email: alrchoobin@sums.ac.ir

3. Professor, Epidemiology Department, School of Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.