Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸
ص ۲۸۹-۲۹۹

DOI: 10.22059/jfwp.2020.290970.1020

ارزیابی ارگونومیکی تأثیر ارتعاش اره‌موتوری در ایجاد بیماری دست سفید (VWF) در اپراتور

سمیه خواجوی[۱]، مقداد جورغلامی[۲]، باریس مجنونیان[۳]، پیام مرادپور[۴*]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲. دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۳. استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۴. استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۷ ، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۷

چکیده

بهره‌برداری از جنگل، کاری سنگین و خطرناک، دارای وضعیت کاری غیرطبیعی، ناراحت‌کننده و در معرض سروصدا و ارتعاش است که پیامدهای بهداشتی ناگواری دارد و امکان ابتلا به بیماری‌ها و صدمات شغلی را افزایش می‌دهد. اختلالات عروقی مانند پدیدهٔ رینود یا دست سفید (VWF) از مهم‌ترین، خطرناک‌ترین و شایع‌ترین پیامدهای ارتعاش است. هدف این پژوهش تعیین حد زمانی مجاز ارتعاش، هنگام قرارگیری اپراتور در معرض ارتعاشات اره‌موتوری در بینه‌بری درختان انجیلی، صنوبر و توسکا برای پیشگیری از بیماری دست سفید در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود نوشهر است. اندازه‌گیری شاخص حد زمانی استاندارد نشان داد که حد زمانی (ساعت) قرارگیری اپراتور در معرض ارتعاش، در مرحلهٔ بینه‌بری برای کل درختان حداکثر ۲/۵۹ ساعت است. براساس نتایج، ساعات مواجههٔ کارگر اره‌موتورچی با ارتعاش در گونهٔ انجیلی بیشتر است و پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید در کارگر اره‌موتورچی بیشتر است، بنابراین اگر فرد در مرحلهٔ بینه‌بری دو ساعت در روز مشغول استحصال درخت انجیلی باشد، کارگر اره‌موتورچی در طول هفته باید زمان کمتری و حداکثر ۹/۶۱ ساعت با اره کار کند. این مدت برای گونهٔ صنوبر ۱۴/۳۴ ساعت و برای گونهٔ توسکا ۱۸/۰۱ ساعت است. بر این اساس، هرچه ساعت مواجههٔ کارگر اره‌موتورچی در یک روز بیشتر باشد و همچنین ارتعاش کل اره‌موتوری افزایش یابد، اپراتور برای پیشگیری از بیماری دست سفید (VWF) در طول هفته باید زمان کمتری از اره‌موتوری استفاده کند.

واژه‌های کلیدی: استاندارد ISO 5349، ارتعاش‌سنج، بینه‌بری، بهره‌برداری.

مقدمه

با گذشت زمان، کاربرد ماشین‌ها به‌منظور ساده‌تر شدن کارها و دستیابی به سرعت و دقت بیشتر افزایش می‌یابد. اما در مقابل این حسن، ماشین‌ها می‌توانند در کوتاه‌مدت یا بلندمدت خطرهایی را برای انسان ایجاد کنند. یکی از این خطرها، ارتعاشات منتقل‌شده از اجزای مختلف ماشین به اعضای بدن انسان است [۱]. انتقال انرژی مکانیکی از یک منبع مرتعش به بدن کارگر می‌تواند به‌ترتیب سبب اختلال در راحتی یا آسایش فرد، کاهش بازدهی در اثر خستگی ناشی از ارتعاش و نیز اختلال در اعمال فیزیولوژیک کارگر شود و در مواردی نیز ممکن است سبب ضایعات اسکلتی و برخی بیماری‌ها شود. اولین اره‌موتوری برای قطع و تبدیل درخت در جنگل، توسط مهندسی سوئدی به نام وستفل در سال ۱۹۱۶ اختراع شد [۲]. اره‌موتوری نوعی اره است که اغلب

نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۹۳۱۱
Email: pmoradpour@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

توسط یک موتور دوزمانه کار می‌کند و زنجیر برندهٔ آن در روی ریلی که تیغه نامیده می‌شود، به حرکت در می‌آید. از این وسیله برای قطع درختان یا عملیات برش و تبدیل چوب استفاده می‌شود. بعد از جنگ جهانی دوم، بهبود طراحی موتور و همچنین پیشرفت در صنایع آلومینیوم سبب شد که وزن این ماشین‌ها بسیار کاهش یابد و امکان استفادهٔ انفرادی نیز فراهم شود. به همین دلیل، افزایش روزافزون بازده کار قطع و تبدیل درخت که نظیرش تا آن هنگام دیده نشده بود، میسر شد [۳]. کار با اره‌موتوری در مجموع ۱۸/۵ درصد از کل حوادث کار در جنگل را به خود اختصاص داده است [۴]. بزرگ‌ترین عیب اره‌های موتوری ارتعاش دائمی آنها حین کار است [۱۰-۵].

در حال حاضر در حدود ۱ تا ۴ درصد جمعیت کار در معرض ارتعاش دست و بازو هستند. اثرهای این ارتعاش به مقدار و مدت زمان قرار گرفتن در معرض ارتعاش و بسامد ارتعاش بستگی دارد [۱۱]. پیامدهای این نوع ارتعاش شامل اختلالات عروقی- عصبی و اسکلتی عضلانی است. مجموع این علائم نشانگان ارتعاش دست و بازو نام دارد که نوعی بیماری شغلی در بسیاری از کشورهای پیشرفته به‌شمار می‌رود [۱۲]. اختلالات اسکلتی-عضلانی[1](WMSD) از مهم‌ترین موضوعات در زمینهٔ سلامت شغلی در دنیای امروز است که در بیشتر مشاغل شیوع زیادی دارد و پیشگیری از آن مستلزم ارزیابی و اصلاح وضعیت‌های کاری است. بهبود ایمنی، بهداشت، رفاه و کارایی از شرایط اصلی برای توسعه و پیشرفت بوده و دانش ارگونومی ابزاری مهم برای رسیدن به این هدف است. اختلالات اسکلتی- عضلانی با عنوان آسیب‌ها و عوارض در ماهیچه‌ها، اعصاب، تاندون‌ها، لیگامان‌ها، مفاصل، غضروف و ستون فقرات تعریف می‌شوند. آسیب‌های اسکلتی عضلانی مرتبط با کار مهم‌ترین عامل از دست رفتن زمان کار، افزایش هزینه‌ها و آسیب‌های انسانی نیروی کار به‌شمار می‌آید که به‌دلیل هزینه‌های سنگین پرداخت غرامت پزشکی - درمانی و کاهش کیفیت زندگی و بهره‌وری، مشکلی جدی و معضلی اجتماعی محسوب می‌شود [۱۳]. اختلالات اسکلتی - عضلانی موضوعی نگران‌کننده در جهان است و حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد آسیب‌های شغلی را به خود اختصاص می‌دهد [۶].

افراد در طول یک فرایند کاری استاتیک مجبورند بدن خود را در وضعیت‌های خاصی قرار دهند که از لحاظ ارگونومیکی ممکن است مطلوب یا نامطلوب باشد. برای ارزیابی پوسچرها از روش‌های کدگذاری استفاده می‌کنند که OWAS[2] و RULA[3] پرکاربردترین آنها هستند. کدگذاری روش OWAS برای اعضای بالاتنه بسیار کلی است؛ درحالی که بیشتر اختلالات اسکلتی- ماهیچه‌ای مرتبط با کار از جمله صدمات ناشی از تروماهای تجمعی و آسیب‌های ناشی از حرکات تکراری در اعضای بالاتنه به‌ویژه در مچ، شانه و کمر رخ می‌دهد. در واقع روش OWAS در پیشگیری از برخی اختلالات اسکلتی- ماهیچه‌ای مربوط به اعضای بالاتنه ازجمله مچ کارایی لازم را ندارد. بدین منظور روش RULA برای ارزیابی سریع اعضای بالاتنه است. به‌تازگی نیز عوارض عصبی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است که از این عوارض عصبی می‌توان به پاراستزی، سوزن‌سوزن شدن انگشتان و دست، کاهش حس لامسه و اختلال خواب اشاره کرد [۸، ۱۰]. مهم‌ترین مشکل این وسیله ارتعاشات آن است که کاربران آن را در معرض اختلالاتی مانند پدیدهٔ رینود یا دست سفید (VWF)[4] قرار می‌دهد [۱۴، ۱۵]. بیماری دست سفید (VWF) نوعی اختلال گردش خون در دست‌هاست که بر اثر ارتعاشات اره‌موتوری در دست کارگر به وجود می‌آید و ممکن است به ازکارافتادگی دست منجر شود (شکل ۱). گرفتگی غیرعادی رگ‌های خونی سبب کاهش

1. Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSD)

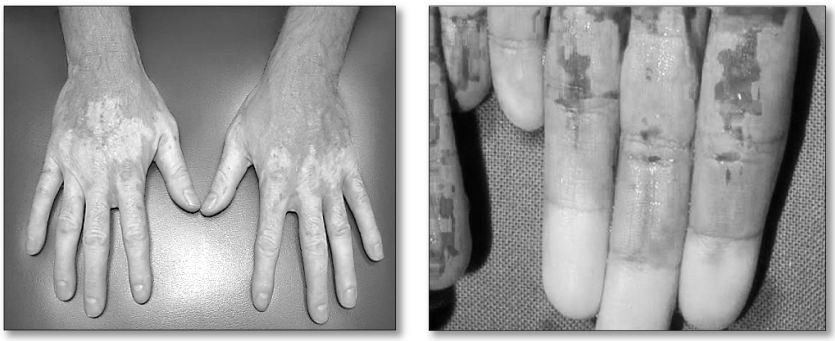
2. Ovako Working Posture Analyzing System (OWAS)
3. Rapid Upper Limb Assesment (RULA)
4. Vibration White Finger (VWF)

www.SID.ir

Archive of SID

جریان خون به بافت‌های موضعی می‌شود و در نتیجه رنگ پوست انگشتان دست تغییر می‌کند. در ابتدا به‌علت کاهش جریان خون در رگ‌ها (عروق خونی)، انگشتان دست سفید می‌شوند. سپس به‌علت کمبود طولانی‌مدت اکسیژن در بافت، انگشتان کبود (آبی) می‌شوند. در پایان به‌علت باز شدن عروق خونی، گُرگرفتگی رخ می‌دهد و انگشتان قرمز می‌شوند. این تغییر رنگ‌ها (از سفید به آبی و از آبی به قرمز) بیشتر اوقات در اثر هوای سرد رخ می‌دهد [۱۸-۱۶]. کف دست و انگشت شست، به‌طور معمول به‌ندرت در معرض این عارضه قرار می‌گیرند، ولی در شرایط شدید در کل دست اتفاق می‌افتد. انگشت شست، گرم‌ترین نقطهٔ دست انسان بوده و مقاوم‌ترین نقطه به بیماری دست سفید است [۳، ۱۷].

در سال ۱۹۹۰ در گردهمایی استکهلم برای ارزیابی علائم و اثرهای حسی و عروقی ناشی از ارتعاش، سندروم ارتعاش دست- بازو (HAVS)[1] معرفی شده است. این علائم در درجه‌بندی ویژه‌ای در جدول ۱ آمده است. مراحل پیشرفت (VWF) در تحقیقات Taylor و همکاران [۱۹] شامل چند مرحله است که در جدول ۲ آمده است. در مراحل ۳ و ۴ این جدول، نسج‌مردگی به‌طور پیشرونده ادامه دارد و انگشت کوچک بیش از همه در معرض آسیب است. وجود سرما در محل کار اثر ارتعاش را تسریع می‌کند.



شکل ۱. بیماری دست سفید یا سپیدانگشتی (VWF)

جدول ۱. مراحل سندروم ارتعاش دست- بازو در دسته‌بندی استکهلم

ارزیابی عروقی		
مرحلهٔ VWF	درجه	شرح
۰	-	ناراحتی ندارد.
۱	ملایم	گاهی ناراحتی در نوک یک یا چند انگشت
۲	متوسط	گاهی ناراحتی در بندهای بیش از یک انگشت
۳	شدید	ناراحتی به‌صورت همیشگی در اغلب بندهای انگشتان
۴	خیلی شدید	موارد مرحلهٔ ۳ به‌همراه نارسایی در تغذیهٔ پوست در نوک انگشتان
توجه: باید مراحل برای هر دست جداگانه تعیین شود. یعنی مرحلهٔ ۲ در دو انگشت دست چپ و مرحلهٔ ۱ در یک انگشت دست راست تعیین شود.		
ارزیابی حسی		
مرحله	علائم	
۰	با ارتعاش مواجهه دارد، ولی علامت بیماری ندارد.	
۱	بی‌حسی (کرختی) متناوب، همراه یا بدون مورمور شدن	
۲	بی‌حسی (کرختی) متناوب یا مداوم، کاهش درک حسی	
۳	بی‌حسی (کرختی) متناوب یا مداوم، کاهش درک حسی و مهارت دست	
توجه: باید مراحل برای هر دست جداگانه تعیین شود.		

1. Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مراحل پیشرفت بیماری دست سفید (VWF) [۱۹]

مرحلهٔ VWF	وضعیت انگشتان	میزان ممانعت از کار و زندگی
۰	سفیدی در انگشتان مشهود است.	شکایتی ندارد.
۰	مورمور شدن متناوب	مانع فعالیت نیست.
۰	بی‌حسی متناوب	مانع فعالیت نیست.
۱	سفیدی در یک یا چند انگشت همراه با مورمور شدن و بی‌حسی (یا بدون آن)	مانع فعالیت نیست.
۲	سفیدی در یک یا چند انگشت به‌طور کامل همراه با بی‌حسی معمولاً در زمستان	محدودیت مختصر در انجام دادن امور منزل و فعالیت‌های اجتماعی
۳	سفیدی دوطرفه در تمام انگشتان به‌صورت همیشگی در تابستان و زمستان	محدودیت در کار و منزل و فعالیت‌های اجتماعی به‌جز فعالیت‌های مورد علاقه
۴	سفیدی وسیع در تمام انگشتان به‌صورت دائم	در این مرحله به‌دلیل وسعت عوارض و محدودیت زیاد باید شغل فرد عوض شود.

Taylor و همکاران [۱۹] تحقیقی روی گروهی شامل ۱۴۲ کاربر اره‌موتوری و ۵۶۹ نفر دیگر که با اره‌موتوری ارتباط نداشتند انجام دادند که نشان داد با وجود شیوع زیاد اختلالات ارتعاش دست- بازو در گروه شاهد که برابر با ۱۸ درصد بود، شیوع این اختلالات در کاربران اره‌موتوری خیلی بیشتر و نزدیک به ۴۴ درصد است [۱۹]. تحقیقی پیوسته که توسط Sutinen و همکاران [۲۰] در بین کارگران جنگلداری سوموسالمی در فنلاند آغاز شده و به‌مدت ۱۹ سال ادامه یافته بود، در سال ۲۰۰۶ ارائه شد. در این مطالعه گروهی متشکل از ۵۲ کارگر جنگلداری در ۱۱ بررسی مقطعی متقابل در سال‌های ۱۹۷۶ تا ۱۹۹۵ شرکت کردند. مقدار شیوع عارضهٔ ارتعاشی فعال دست سفید در طول مطالعهٔ مقطعی متقابل از ۱۳ به ۴ درصد کاهش یافت. عارضهٔ دست سفید از ۱۷ به ۸ درصد کاهش و بی‌حسی از ۲۳ به ۴۰ درصد افزایش یافت [۲۰]. اره‌موتوری مورد استفاده در عملیات قطع، سرشاخه‌زنی و بینه‌بری درختان، یکی از ابزارهایی است که کاربر آن در معرض ارتعاشات شدید قرار می‌گیرد. پدیدهٔ دست سفید ناشی از ارتعاش، از جمله تظاهرات عروقی ارتعاش است. عوارض اسکلتی – عضلانی، استخوان‌ها و مفاصل را در بر می‌گیرد و کاهش قدرت گیرش و ضعف عضلانی از عوارض ماهیچه‌ای مواجهه با ارتعاش هستند [۳، ۸]. برای کنترل و کاهش ارتعاشات ناشی از یک وسیله، شناخت عوامل مؤثر بر مقدار ارتعاش ضروری است. با مقایسهٔ داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش با استانداردهای موجود، می‌توان مدت زمانی را که فرد می‌تواند بدون اینکه سلامتش در حین کار با اره‌موتوری به مخاطره بیفتد تعیین کرد. هدف از این پژوهش، تعیین حد زمانی مجاز ارتعاش، هنگام در معرض قرارگیری اپراتور با ارتعاشات اره‌موتوری در بینه‌بری درختان انجیلی، صنوبر و توسکا برای پیشگیری از بیماری دست سفید (VWF) در جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود در استان مازندران است با فرض اینکه با افزایش شدت ارتعاش ناشی از اره‌موتوری اپراتور زمان کمتری را باید با اره کار کند. در این زمینه تاکنون در جنگل‌های شمال ایران تحقیقات زیادی صورت نگرفته و هنوز جنبه‌های زیادی از آن در علم جنگل باقی مانده است که نیازمند تحقیق بیشتر است.

مواد و روش‌ها

شیوهٔ اجرای پژوهش

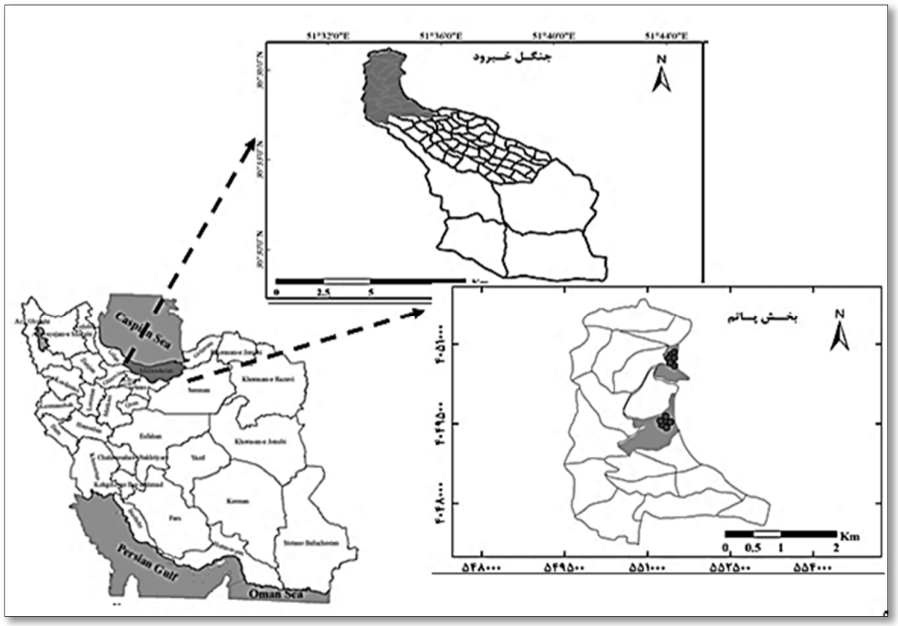
این پژوهش در پارسل ۱۰۲ بخش پاتم جنگل آموزشی و پژوهشی خیرود نوشهر در استان مازندران انجام گرفت (شکل ۲). بینه‌بری درختان انجیلی، صنوبر و توسکا با استفاده

www.SID.ir

Archive of SID

از دستگاه اره‌موتوری STIHL 070 انجام گرفت. این مدل اره‌موتوری، مانند بیشتر اره‌های موتوری مورد استفاده در جنگل‌های شمال کشور، مربوط به فناوری ۱۹۵۰ است که بسیاری از ابداعات اره‌های مدرن و امروزی را ندارند و عیب‌های عمدهٔ این دستگاه‌ها وزن سنگین، صدای زیاد و نبود ترمز زنجیر و استفاده از زنجیرهای مدرن بوده که سبب می‌شوند اثرهای صدا و لرزش در هنگام کار دوچندان شود [۳، ۸، ۹]. در این تحقیق، همهٔ مراحل آزمایش براساس جدیدترین استانداردهای بین‌المللی ارتعاش اره‌موتوری (استاندارد ISO 5349) انجام گرفت. شدت ارتعاش اره‌موتوری با استفاده از دستگاه ارتعاش‌سنج 106 SVANTEK اندازه‌گیری شد. قبل از هر بار اندازه‌گیری باید از صحت و دقت کار دستگاه مطمئن شد. براساس راهنمای هر دستگاه، شتاب‌سنج که بخش مهم دریافت‌کننده است بر کالیبراتور قرار می‌گیرد و پس از روشن کردن آن، دستگاه ارتعاش‌سنج باید مقادیر شتاب ارتعاشی را به‌دقت نشان دهد و در غیر این صورت باید توسط مدار داخلی یا پیچ تنظیم کالیبره شود [۸]. قبل از اینکه بتوان ارتعاشات را اندازه‌گیری کرد، باید حسگر ارتعاشات به اره‌موتوری متصل شود تا بتواند این ارتعاشات را اندازه‌گیری کند. سیگنال شتاب تولیدشده به‌وسیلهٔ شتاب‌سنج به دستگاه فرستاده می‌شود و در آنجا دستگاه این سیگنال را به سیگنال سرعت تبدیل می‌کند. داده‌ها به‌صورت سیگنال‌های شتاب ارتعاش در حوزهٔ زمان در حافظهٔ دستگاه ذخیره شده و سپس به رایانه منتقل شدند. با استفاده از مقادیر شتاب ارتعاش در حوزهٔ فرکانس، مقادیر RMSشتاب ارتعاش در باندهای فرکانسی ۱/۳ اکتاو از مرکز فرکانسی ۶/۳ تا مرکز فرکانسی ۱۲۵۰ هرتز مطابق استاندارد ISO 5349 و در محیط نرم‌افزار دستگاه محاسبه شد [۹]. در این تحقیق برای تعیین وضعیت ارتعاش اره‌موتوری از شاخص‌های استاندارد دورهٔ مواجههٔ روزانه، پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید و حد زمانی که در ادامه توضیح آن آورده شده است استفاده شد.

دورهٔ مواجههٔ روزانه: برای محاسبهٔ دورهٔ مواجههٔ روزانه براساس استاندارد فرض شد که هر کارگر اره‌موتورچی روزانه دو تا سه ساعت در معرض ارتعاش قرار دارد (رابطهٔ ۱).



شکل ۲. موقعیت منطقهٔ تحقیق در بخش پاتم جنگل آموزشی-پژوهشی خیرود نوشهر استان مازندران

www.SID.ir

Archive of SID

$$A(8) = a_{hv}\sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (۱)$$

در این رابطه، T مدت زمان روزانهٔ مواجهه با ارتعاش (برحسب ثانیه) و T_0 مدت زمان مرجع (برابر با ۲۸۸۰۰ ثانیه) را نشان می‌دهد.

پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید: در استاندارد ISO 5349، مدت زمان مواجهه‌ای که در طی یک هفته، ۱۰ درصد کارگران ارهموتورچی به بیماری دست سفید مبتلا می‌شوند، از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌شود.

$$D_y = 31.8[A(8)]^{-1.06} \quad (۲)$$

حد زمانی: در بسیاری از موارد نیازمند محاسبهٔ یک حد زمانی خواهیم بود. در نظر گرفتن این حد زمانی به ما امکان خواهد داد که ارزیابی اثرهای ایجادشده بر کارگر استفاده‌کننده از ارهموتوری براساس این واحد ارزیابی شود (رابطهٔ ۳).

$$t_{\max} = \left(\frac{A(8)}{\alpha_{hv}}\right)^2 \times 8h \quad (۳)$$

در این رابطه، t_{max} حداکثر حد زمانی در معرض قرارگیری با ارتعاش (ساعت)، A(8) مقدار کلی ارتعاشات در هشت ساعت (متر بر مجذور ثانیه) و مقدار کلی ارتعاش ارهموتوری (a_{hv}) است [۳].

تحلیل داده‌ها

از آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس یکطرفه[1] و آزمون دانکن[2] برای مقایسهٔ میانگین‌های آماری استفاده شد. همهٔ آنالیزهای آماری در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

دورهٔ مواجههٔ روزانه

برای محاسبهٔ دورهٔ مواجههٔ روزانه از شاخص مقدار کلی ارتعاشات استفاده شد (رابطهٔ ۱) و فرض شد که هر کارگر ارهموتورچی روزانه دو تا سه ساعت در معرض ارتعاش قرار دارد و در نتیجه دورهٔ مواجههٔ روزانه در جدول ۳ محاسبه شد. نتایج آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس یکطرفه در مدت زمان دو و سه ساعت در سطح معنی‌داری ۱ درصد در جدول ۴ مشاهده می‌شود. نتایج آزمون دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد نشان داد که بین سه گونه، اختلاف معنی‌داری وجود دارد و دورهٔ مواجههٔ روزانه در مدت زمان دو و سه ساعت در گونهٔ انجیلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از صنوبر و توسکا است. نتایج اندازه‌گیری نشان داد زمانی که کاربر روی درخت انجیلی کار می‌کند، ارتعاش کل بیشتری نسبت به گونه‌های توسکا و صنوبر به وی وارد می‌شود. یکی از دلایل افزایش بیش از حد ارتعاش ارهموتوری هنگام استفاده در عملیات قطع و بینه‌بری، ممکن است کند بودن دندانه‌های برندهٔ زنجیر ارهموتوری باشد، به‌طوری که در پژوهش‌هایی به این نتیجه دست یافتند که ارتعاش ارهموتوری در هنگام کند بودن دندانه‌ها، ۷/۵ درصد بیشتر از زمان تیز بودن دندانه‌هاست [۴]. از دیگر دلایل این تفاوت می‌توان به نوع گونهٔ چوبی، چگالی چوب و مقاومت مکانیکی زیاد چوب درخت انجیلی اشاره کرد [۴]. همچنین افزایش قطر درختان، سبب افزایش ضخامت پوست و در نتیجه درگیر شدن بخش بیشتری از دندانه‌های زنجیر در کار برش می‌شود که خودبه‌خود سبب افزایش ارتعاش نیز خواهد شد [۵].

پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید

برای محاسبهٔ مدت زمان مواجهه‌ای که در طی یک هفته، ۱۰ درصد کارگران ارهموتورچی به بیماری دست سفید مبتلا می‌شوند، از رابطهٔ ۲ و براساس فرضیات دو و سه ساعت استفاده شد و در نتیجه براساس جدول ۵ مقدار پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید محاسبه شد. بر این اساس، هرچه ساعت مواجههٔ کارگر

1. One way ANOVA
2. Duncan's test

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مشخصات آماری دورهٔ مواجههٔ روزانه در مدت زمان دو و سه ساعت

زمان	آماره	نوع گونهٔ چوبی		
		انجیلی	صنوبر	توسکا
دو ساعت	میانگین	۳/۱۱ [a]	۲/۱۶ [b]	۱/۷۱ [c]
	انحراف معیار	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۱۰
	ضریب تغییرات	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۰۶
	خطای معیار	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۰۵
سه ساعت	میانگین	۳/۸۰ [a]	۲/۶۵ [b]	۲/۰۹ [c]
	انحراف معیار	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۱۲
	ضریب تغییرات	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۰۶
	خطای معیار	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۰۶

* حروف غیرمشابه لاتین به اختلاف معنی‌دار بین محورهای مختلف اره‌موتوری در سطح ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن اشاره دارد.

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس یکطرفهٔ مقادیر دورهٔ مواجههٔ روزانه ارتعاش اره‌موتوری در مدت زمان دو و سه ساعت

	میانگین مربعات	*df*	*F*	*Sig.*
۲ ساعت	۲/۰۲	۲	۲۸/۰۴	۰/۰۰**
۳ ساعت	۳/۰۴	۲	۲۸/۰۴	۰/۰۰**

ns نبود تفاوت معنی‌دار، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد.

اره‌موتورچی در یک روز بیشتر شود و همچنین مقدار ارتعاش کل اره‌موتوری افزایش یابد، کارگر در طول هفته باید مدت زمان کمتری از اره‌موتوری استفاده کند. براساس جدول ۶ نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه نشان داد که اختلاف معنی‌داری در مقدار پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید در گونه‌ها وجود دارد ($P < ۰/۰۱$). امروزه قوانین جدید کار و استانداردهای جدید نیز بر این موضوع دلالت دارند که قوانین و دامنه‌های مربوط به کار با ابزار و وسایل باید در دو حداکثر روزانه و هفتگی تعریف شوند [۲]. برای نمونه اگر فردی حداکثر می‌تواند در یک روز ۶ ساعت با اره‌موتوری کار کند، نباید به وی اجازه داد که این ۶ ساعت را به‌صورت مداوم در همهٔ روزهای غیر تعطیل هفته کار کند.

یکی از راهکارهای مرسوم در کارخانه‌های چوب و ادارات و مؤسسات جنگل، استفادهٔ ترکیبی از کارگران است. این امر از طریق اتخاذ روش‌های مدیریتی از جمله چرخش شغلی و در نظر گرفتن زمان‌های استراحت قابل اجرا است. بدین صورت که اره‌موتورچی، فردی با شغل ثابت از نظر موقعیت شغلی نیست و وی پس از مدتی مشخص به کارهای دفتری یا کارهای سبک‌تر، تغییر وضعیت می‌دهد [۳، ۹].

جدول ۵. پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید در مدت زمان دو و سه ساعت

زمان	آماره	نوع گونهٔ چوبی		
		انجیلی	صنوبر	توسکا
دو ساعت	میانگین	۹/۶۱ [a]	۱۴/۳۴ [b]	۱۸/۰۱ [c]
	انحراف معیار	۰/۹۸	۲/۶۲	۱/۱۷
	ضریب تغییرات	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۶
	خطای معیار	۰/۴۹	۱/۳۱	۰/۵۸
سه ساعت	میانگین	۷/۷۵ [a]	۱۱/۵۶ [b]	۱۴/۵۳ [c]
	انحراف معیار	۰/۷۹	۲/۱۱	۰/۹۵
	ضریب تغییرات	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۶
	خطای معیار	۰/۳۹	۱/۰۵	۰/۴۷

* حروف نامتشابه لاتین به اختلاف معنی‌دار بین محورهای مختلف اره‌موتوری در سطح ۹۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن اشاره دارد.

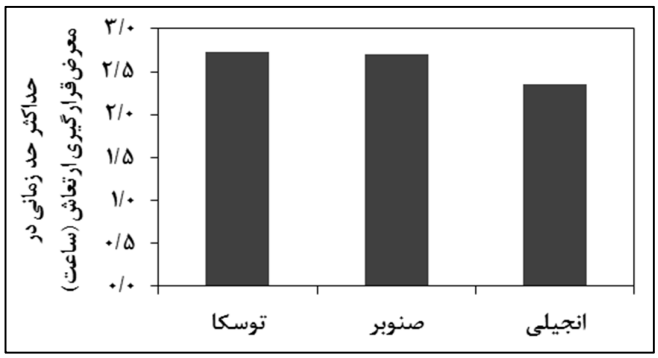
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. تجزیهٔ واریانس یکطرفه پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید در مدت زمان دو و سه ساعت

	میانگین مربعات	*df*	*F*	*Sig.*
۲ ساعت	۷۰/۸۵	۲	۲۳/۰۲	**۰/۰۰
۳ ساعت	۴۶/۰۹	۲	۲۳/۰۲	**۰/۰۰

^{ns}نبود تفاوت معنی‌دار، *معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، **معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد.



شکل ۳. حداکثر حد زمانی در معرض قرارگیری ارتعاش در گونه‌های مختلف

حد زمانی

حد زمانی براساس رابطهٔ ۳ محاسبه شد. براساس شکل ۳ یک کارگر اره‌موتورچی در هر روز حداکثر می‌تواند در مرحلهٔ بینه‌بری درخت توسکا ۲/۷۳ ساعت، درخت صنوبر ۲/۷۰ ساعت و درخت انجیلی ۲/۳۵ ساعت با اره‌موتوری کار کند.

اندازه‌گیری شاخص حد زمانی استاندارد نشان داد که بیشترین حد زمانی (ساعت) در معرض قرارگیری کارگر اره‌موتورچی با ارتعاش، در مرحلهٔ بینه‌بری برای کل درختان در روز حداکثر ۲/۵۹ ساعت است. بنابراین کارگران اره‌موتورچی با رعایت بیشترین حد زمانی می‌توانند تا حدودی از بیماری‌ها و صدمات ناشی از ارتعاش اره‌موتوری پیشگیری کنند. ازآنجا که ساعت مواجههٔ کارگر اره‌موتورچی با ارتعاش در گونهٔ انجیلی بیشتر است و پیش‌بینی‌گر مدت زمان ابتلا به بیماری دست سفید در کارگر اره‌موتورچی بیشتر است، اگر فرد در مرحلهٔ بینه‌بری دو ساعت در روز مشغول استحصال انجیلی باشد، کارگر اره‌موتورچی در طول هفته برای پیشگیری از بیماری دست سفید باید زمان کمتری و حداکثر ۹/۶۱ ساعت با اره کار کند که این مدت برای گونهٔ صنوبر ۱۴/۳۴ و برای گونهٔ توسکا ۱۸/۰۱ ساعت است.

نتیجه‌گیری

بیماری دست سفید (VWF) شایع‌ترین عارضهٔ ناشی از ارتعاش است که بیشتر در انگشتان دست دیده می‌شود و علت آن کم‌خونی موضعی انگشتان دست در اثر ارتعاش و فشار ناشی از گرفتن ابزار مرتعش است. این مشکل مهم‌ترین عامل از دست رفتن زمان کاری، افزایش هزینه‌ها و آسیب‌های انسانی نیروی کار محسوب می‌شود و از بزرگ‌ترین معضلات بهداشت شغلی در کشورهای در حال توسعه است. ارگونومی دانشی است که طراحی وسایل و دستگاه‌های مورد استفاده را به‌گونه‌ای پیشنهاد می‌کند که راحتی، دسترسی، ایمنی و بازدهی را افزایش و دشواری، خطر، خستگی و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد. این امر به کمک طراحی صحیح روش‌های انجام دادن کار، طراحی و ساخت ابزار کاری و ماشین‌آلات مناسب و ایجاد محیط سالم کاری امکان‌پذیر است. از دههٔ ۱۹۷۰ وسایل ضد ارتعاش در جهان به‌کار گرفته شدند که سبب

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش ارتعاش بر کاربر اره‌موتوری شد. به‌عنوان مثال، استفاده از وسایل ضد ارتعاش مانند دستکش‌های ضد ارتعاش با وجود کاهش اندک ارتعاش وارد بر کاربر، سبب گرم نگه داشتن دست‌های کاربر می‌شود که تأثیر مثبتی بر جریان خون در دست‌ها دارد، ولی سبب عرق کردن دست و در نتیجه کاهش تسلط اره‌موتورچی به‌هنگام استفاده از اره می‌شود که خود عاملی منفی در نتیجهٔ کار است و حتی سبب افزایش سوانح می‌شود که این موضوع را باید در نظر گرفت. بنابراین برای پیشگیری از اختلالات ناشی از ارتعاش اره‌موتوری در ایجاد بیماری دست سفید در کارگران جنگل، جایگزین کردن ابزارهایی که مطابق استاندارد طراحی شده‌اند، پوشیدن دستکش مخصوص برای کاهش ارتعاش و گرم کردن دست، استراحت یا کاهش مدت کار روزانه، آموزش‌های لازم دربارهٔ استفادهٔ صحیح از دستگاه‌های ایجادکنندهٔ ارتعاش و معاینات قبل از استخدام ضروری و شایان توصیه است.

References

[1]. Fayzi, M., Jafari, A., and Ahmadi, H. (2013). Investigation the vibration of chainsaw by simulating cutting tree. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3(10): 904-908.

[2]. Neri, F., Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Bertuzzi, L., and Marchi, E. (2018). Determining noise and vibration exposure in conifer cross-cutting operations by using li-ion batteries and electric chainsaws. Forests, 9(8): 501.

[3]. Majnounian, B., Jabbari, M., Jourgholami, M., Yarahmadi, R., and Deljoui, A. (2017). Assessment of hand-arm vibration caused by chainsaw in beech tree felling and bucking operations. Iranian Journal of Forest, 9(3): 301-313.

[4]. Khodae, M., Eraghi, M., and Eghtesadi, A. (2013). Study of the causes of work-related accidents in workers operating in Sari. Occupational Medicine Quarterly Journal, 5(2): 9-19.

[5]. Futatsuka, M., Shono, M., Sakakibara, H., and Quoc Quan, P. (2005). Hand arm vibration syndrome among quarry workers in Vietnam. Journal of Occupational Health, 47: 165-170.

[6]. Sutinen, P., Toppila, E., Starck, J., Brammer, A., Zou, J., and Pyykoö, I. (2006). Hand-arm vibration syndrome with use of anti-vibration chain saws: 19-year follow-up study of forestry workers. International Archives of Occupational and Environmental Health, 79: 665-671.

[7]. Ying, H., Ooi Lu, E., and ZaidiMohd, R. (2011). The design and development of suspended handles for reducing hand-arm vibration in petrol driven grass trimmer. Journal of Industrial Ergonomics, 41: 459-470.

[8]. Rottensteiner, C., and Stampfer, K.B. (2013). Evaluation of operator vibration exposure to chainsaws equipped with a Kesper safety bar. Scandinavian Journal of Forest Research, 28(2): 193-200.

[9]. Rottensteiner, C., Tsioras, P., and Stampfer, K.B. (2012). Wood density impact on hand-arm vibration. Croatian Journal of Forest Engineering, 33(2): 303-312.

[10]. Sarikhani, N. (2012) Forest Utilization. Third edition. Tehran University Press. 570p.

[11]. Dehnavi, S., Vahedi, A., Motamedzade torghabe, M., and Moghimbeigi, A. (2017). The effects of ergonomic interventions in manual activities to reduce musculoskeletal disorders in manual activities by ManTRA. Journal of Ergonomics, 4(4): 57-67.

[12]. Bayat, R., Aliabadi, M., Golmohammadi, R. and Shafiee Motlagh, M., 2016. Assessment of Exposure to Hand-Arm Vibration and its Related Health Effects in Workers Employed at Stone Cutting Workshops of Hamadan City. Journal of Occupational Hygiene Engineering, 2(4): 25-32.

[13]. Arman, Z., Nikooy, M., Heidari, M., and Majnounian, B. (2019). Ergonomic evaluation of the musculoskeletal disorders risk by QEC method in forest harvesting. Iranian Journal of Forest, 10: 517-530.

[14]. Futatsuka, M., Shono, M., Sakakibara, H., and Quoc Quan, P. (2005). Hand arm vibration syndrome among quarry workers in Vietnam. Journal of Occupational Health, 47: 165-170.

www.SID.ir

Archive of SID

[15]. Griffin, M.J. (1998). Evaluating the effectiveness of gloves in reducing the hazards of handtransmitted vibration. Occupational and Environmental Medicine, 55(5): 340-348.

[16]. Futatsuka, M., Ueno, T., and Sakurai, T. (1985). Follow up study of vibration induced white finger in chain saw operators. British Journal of Industrial Medicine, 42(4): 267-271.

[17]. Futatsuka, M., Ueno, T., and Yamada, S. (1994). Vibration exposure and prevention in Japan. Nagoya Journal of Medical Science, 57: 195-202.

[18]. Futatsuka, M., Yoshiharu, F., and Uchino, M. (2000). A follow up study on the consequences of VWF patients in worker using chain saws in Japanese national forest. Journal of Occupational Health, 42: 192-195.

[19]. Taylor, W.J., Person, R.L., and Kell, G.D. (1971). Vibration syndrome in Forestry Commission chain saw operators. British Journal of Industrial Medicine, 28: 83-89.

[20]. Sutinen, P., Toppila, E., Starck, J., Brammer, A., Zou, J., and Pyykoö, I. (2006). Hand-arm vibration syndrome with use of anti-vibration chain saws: 19-year follow-up study of forestry workers. International Archives of Occupational and Environmental Health, 79: 665-671.

www.SID.ir

Archive of SID

Ergonomic evaluation of the effect of chainsaw on Vibration White Finger disease (VWF) in the operator

S. Khajavi; Ph.D. student of forest engineering, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

M. Jourgholami; Assoc. Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

B. Majnounian; Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

P. Moradpour*; Assist. Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

(Received: 18 October 2019, Accepted: 18 December 2019)

ABSTRACT

Forest harvesting operations as heavy and dangerous work requires abnormal, uncomfortable working conditions, exposure to noise and vibration, which has adverse health consequences and may lead to illness and injury. Vascular abnormalities, such as the Rhinoceros or White Hand phenomenon (VWF), are known to be the most important, most dangerous, and most common effects of vibration. The purpose of this study was to determine the permissible time limit for vibration exposure during operator exposure to echomotor vibrations in evacuation of evergreen, poplar and alder trees (VWF) in Kheyrud Nowshahr training and research forest in Mazandaran province. Measurement of the time limit index of the governor indicated that the maximum exposure time (hour) for the operator during vibration was 2.59 hours for the whole tree. Therefore, maximal timing workers can partially prevent diseases and injuries caused by vibration motors. According to the results, since the amount of clock exposure the vibrator worker has in the bibliographic mode is higher and the prediction time of the white-handed disease in the rotor worker is greater, therefore, if one is in the binary phase Working two hours a day, evangelical worker has to work with saw for a maximum of 9.61 hours during the week, which is 14/34 hours for poplar and 18/01 for alder. Accordingly, the more hours an ohmicor worker was exposed to in one day and the more the ohmicorum's total vibration increased, the operator had to wait less time than the saw during the week to prevent white-handed disease (VWF).

Keywords: ISO 5349, Vibrometer, bucking, Logging.

* Corresponding Author, Email: pmoradpour@ut.ac.ir, Tel: +98 26 32249311

www.SID.ir