Journal of Military Medicine
2024, Volume 26, Issue 5
Pages: 2518-2526
10.30491/jmm.2024.1006719.1213

Effect of Polymeric Compounds on Contact Toxicity of Permethrin-Impregnated Military Uniforms

Mehdi Khoobdel [1], Mohammad Moradi [1*]

[1] *Health Research Center, Lifestyle Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Received: 13 August 2024 **Accepted:** 16 October 2024

Abstract

Background and Aim: The impact of arthropod-borne diseases on military forces is well known. Treating uniforms with insecticides is a suitable method to protect soldiers against insect bites. Permethrin is a pyrethroid insecticide commonly used in permissible doses for impregnating uniforms due to its effectiveness. Washing significantly affects the contact toxicity of uniforms treated with normal permethrin formulations, so another durable, long-lasting formulation must be used for long-term purposes. The polymer-coating method is a way to increase the wash resistance of insecticide-treated fabrics.

Methods: In this study, a normal permethrin formulation and its polymeric formulation were prepared using polymeric compounds. Subsequently, military uniforms were impregnated with these two formulations at permissible doses using the dipping method. After multiple washings, bioassays against Anopheles stephensi mosquitoes were conducted based on various indicators to compare the insecticidal ability of uniforms treated with these two formulations.

Results: The results showed that washing significantly reduced the contact toxicity of uniforms treated with normal permethrin formulation. After five washes, re-treatment was necessary for effective use. However, washing uniforms treated with polymeric permethrin had little impact on their contact toxicity, and the presence of polymeric compounds maintained the insecticidal ability of the uniforms against washing.

Conclusion: Polymeric permethrin formulations are recommended for long-term use in military uniforms to provide better protection against insect and arthropod bites.

Keywords: Permethrin-Impregnated, Polymer, Uniform, *Anopheles stephensi*.

[*]Corresponding author: **Mohammad Moradi,** Email: mmoradi7a@yahoo.com

مجله طب نظامی
دوره ۲۶، شماره ۵، آذر و دی ۱۴۰۳
صفحات: ۲۵۲۶-۲۵۱۸
10.30491/jmm.2024.1006719.1213

تاثیر ترکیبات پلیمری بر قدرت حشره‌کشی یونیفرم‌های آغشته به پرمترین

مهدی خوبدل[۱]، محمد مرادی[۱*]

[۱] مرکز تحقیقات بهداشت و تغذیه، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: گزش حشرات و سایر بندپایان و بیماری‌های منتقله از طریق آن‌ها در نیروهای نظامی به واسطه ماموریت‌هایی که دارند اهمیت فراوانی دارند. آغشته‌سازی یونیفرم با حشره‌کش، روش مناسبی برای حفاظت فردی نیروهای نظامی در برابر گزش حشرات و بندپایان است. پرمترین یک حشره‌کش پایرتروئیدی است که با توجه به ویژگی‌هایی که دارد در دوز مجاز برای آغشته‌سازی یونیفرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. شستشو تاثیر زیادی بر قدرت حشره‌کشی یونیفرم‌های آغشته به فرمولاسیون معمولی پرمترین دارد، بنابراین برای استفاده طولانی مدت باید از فرمولاسیون‌های بادوام‌تر استفاده شود. ایجاد پوشش پلیمری یکی از راه‌های افزایش مقاومت پارچه آغشته در برابر شستشو و در نتیجه حفظ قدرت حشره‌کشی آن است.

روش‌ها: در این مطالعه فرمولاسیون معمولی پرمترین و فرمولاسیون پلیمری آن با استفاده از ترکیبات پلیمری تهیه گردید. سپس آغشته سازی یونیفرم‌های نظامی با این دو فرمولاسیون و با دوز مجاز و به روش غرقابی انجام شد. قدرت حشره‌کشی یونیفرم‌های آغشته به این دو نوع فرمولاسیون پس از شستشوهای متعدد با تست‌های زیست‌سنجی در برابر پشه آنوفل استفنسی بر اساس شاخص‌های مختلف مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که شستشو تاثیر معنی‌داری بر کاهش قدرت حشره‌کشی یونیفرم‌های آغشته به فرمولاسیون معمولی پرمترین دارد و پس از پنج بار شستشو برای استفاده مجدد بایستی آغشته‌سازی صورت گیرد. در حالی‌که پنج بار شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین پلیمری تاثیر معنی‌داری بر قدرت حشره‌کشی آن نداشته و در واقع وجود ترکیبات پلیمری باعث حفظ قدرت حشره‌کشی یونیفرم در برابر شستشو شده است.

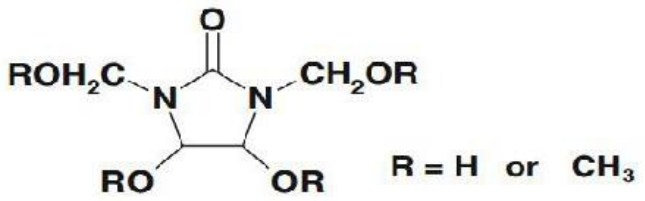
نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این مطالعه، برای استفاده طولانی مدت از یونیفرم‌های نظامی و کارایی بهتر آن‌ها برای حفاظت نیروها در برابر گزش حشرات و بندپایان، استفاده از فرمولاسیون پلیمری برای آغشته‌سازی توصیه می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: یونیفرم آغشته، پرمترین، پوشش پلیمری، آنوفل استفنسی.

*نویسنده مسئول: **محمد مرادی**. پست الکترونیک: mmoradi7a@yahoo.com
دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۵

مقدمه

بیماری‌های منتقله از طریق بندپایان مانند مالاریا، تب دانگ، تب زرد، لیشمانیازیس، فیلاریازیس و انسفالیت‌ها بیش از ۸۰ درصد جمعیت جهان را تهدید می‌کنند. تخمین زده شده که بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که حداقل دو مورد از این بیماری‌ها وجود دارد (۱). کشور ایران با توجه به تنوع شرایط اقلیمی که دارد زیستگاه طیف گسترده‌ای از ناقلین عوامل بیماریزا است. نیروهای نظامی نسبت به مردم عادی بیشتر در معرض خطر بیماری‌های ناقل‌زاد قرار دارند (۲). استفاده از تجهیزات حفاظت فردی شامل لباس‌های محافظ، دورکننده‌ها، لباس‌های آغشته و پشه‌بندها موثرترین روش محافظت در برابر بیماری‌های منتقله از طریق حشرات گزنده است (۳،۴). یکی از رایج‌ترین تجهیزات حفاظتی به‌ویژه در برنامه کنترل مالاریا، پشه‌بند می‌باشد اما لباس آغشته بر خلاف پشه‌بند که فقط در زمان استرحت و معمولا در طول شب کاربرد دارد، در تمام طول شبانه‌روز و در حین کار و ماموریت نیز فرد را در برابر گزش محافظت می‌کند (۵). استفاده از لباس آغشته به حشره‌کش برای مقابله با مالاریا پیشنهاد شده است (۶). همچنین یونیفرم آغشته به پرمترین، محافظت‌دهی قابل توجهی در برابر گزش گونه‌های مختلف پشه‌های شب‌فعال و روزفعال نشان داده است (۷–۹). در فرآیند آغشته‌سازی غلظت معینی از یک حشره‌کش در واحد سطح جذب الیاف می‌گردد (۱۰). حشره‌کش‌های پایرتروئیدی با توجه به اثر ابقایی طولانی و مقاومت نسبی در برابر شرایط محیطی و خطر کم برای انسان، گزینه مناسبی برای آغشته‌سازی البسه می‌باشند (۱۱). پرمترین یک حشره‌کش تماسی و جزو پایرتروئیدهای مصنوعی نسل سوم است (۱۲). پرمترین خالص ترکیبی از دو ایزومر سیس و ترانس است که در آغشته‌سازی از نسبت ایزومری سیس به ترانس ۲۵ به ۷۵ استفاده می‌شود (۱۳). دوز مجاز توصیه شده پرمترین برای آغشته‌سازی یونیفرم نظامی ۱۲۵۰ mg/m^2 است (۱۴). شستشوی البسه امری اجتناب ناپذیر است اما تاثیر زیادی در کاهش میزان باقیمانده پرمترین و قدرت حشره‌کشی یونیفرم آغشته شده با فرمولاسیون معمولی پرمترین دارد (۱۵). مطالعات نشان داده که سه بار شستشو با دست باعث کاهش ۶۰ درصدی قدرت حشره‌کشی لباس آغشته می‌گردد (۱۶). به طور کلی آغشته‌سازی یونیفرم‌های نظامی با فرمولاسیون معمولی پرمترین در ماموریت‌های کوتاه مدت کاربرد دارد و برای استفاده طولانی مدت باید از فرمولاسیون‌های با اثر ابقایی طولانی استفاده نمود (۱۶). تهیه فرمولاسیون پلیمری با ایجاد پوشش پلیمری یکی از راه‌های افزایش مقاومت پارچه در برابر شستشو و در نتیجه حفظ قدرت حشره‌کشی آن است (۱۷). در این روش پوشش پلیمری باعث ایجاد پیوند شیمیایی بین مولکول‌های ترکیب پلیمری، حشره‌کش و الیاف و در نتیجه ماندگاری بیشتر حشره‌کش روی البسه می‌شود (۱۸). دی متیلول دی هیدروکسی اتیلن اوره (شکل ۱) پلیمری است که در صنعت نساجی به عنوان ضد چروک مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۹). استفاده از این پلیمر به عنوان اتصال دهنده عرضی همراه با پلیمر پلی وینیل استات در پارچه آغشته به سایپرمترین نتایج خوبی از پایداری قدرت حشره‌کشی را نشان داده است (۲۰). در این مطالعه قدرت حشره‌کشی یونیفرم آغشته به فرمولاسیون پلیمری پس از شستشوهای متعدد در مقایسه با فرمولاسیون معمولی علیه پشه آنوفل استفنسی مورد بررسی قرار گرفت.



شکل-۱. فرمول ساختاری دی متیلول دی هیدروکسی اتیلن اوره (DMDEHU)

روش‌ها

برای انجام این مطالعه پرمترین ۱۰ درصد در فرمولاسیون امولسیون با فرمول مولکولی ایزومر سیس/ترانس با نسبت ۲۵ به ۷۵ از شرکت سیگما تهیه شد. همچنین ترکیبات پلیمری مورد نیاز از شرکت پلی‌کم خریداری شدند و پارچه‌های یونیفرم مورد نیاز نیز از بازار تهیه گردید.

پرورش پشه‌ها

در این مطالعه برای انجام تست‌های زیست‌سنجی از پشه‌های ماده خون نخورده و تخم‌ریزی نکرده (نولی پاروس) گونه آنوفل استفنسی ۲ تا ۳ روزه استفاده شد. پرورش پشه‌ها در انسکتاریوم دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) و در دمای ۲ ± ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵ ± ۶۵ درصد و تحت تناوب ۸ ساعت تاریکی و ۱۶ ساعت روشنایی انجام شد. تغذیه لاروها به صورت روزانه با غذای پولکی ماهی انجام می‌شد. تغذیه پشه‌های بالغ نیز با قرار دادن پنبه آغشته به آب قند ۱۰ درصد و همچنین خوندهی طبیعی با خوکچه هندی صورت می‌گرفت.

تهیه فرمولاسیون و آغشته‌سازی

با توجه به اندازه کاغذ استاندارد سازمان بهداشت جهانی برای تست‌های زیست‌سنجی، تعداد ۱۸ قطعه با ابعاد ۱۵ در ۱۲ سانتی‌متر و مساحت ۱۸۰ سانتی‌متر مربع از یونیفرم مورد نظر تهیه شد و

شاخص ضریب جذب آب پارچه با محاسبه اختلاف وزن قطعات مرطوب و خشک تعیین گردید (۱۶). سپس با توجه به در نظر گرفتن ۶ تکرار برای هر تست زیست‌سنجی، آغشته‌سازی ۶ قطعه پارچه با امولسیون حشره‌کش پرمترین ۱۰ درصد و با دوز ۱۲۵۰ میلی‌گرم بر متر مربع و با روش غرقابی انجام شد (۲۱). آغشته‌سازی ۶ قطعه دیگر با ترکیب امولسیون پرمترین و ترکیبات پلیمری به ترتیب با نسبت‌های ۱، ۳ و ۱/۵ به عنوان فرمولاسیون پلیمری انجام شد (۲۲). تعداد ۶ قطعه نیز به عنوان شاهد با آب آغشته گردید. در فرآیند آغشته‌سازی هر قطعه پارچه به صورت جداگانه در یک ظرف پلاستیکی قرار گرفته و محلول مورد نظر شامل پرمترین، ترکیب پلیمری و یا آب روی آن ریخته شد و به منظور جذب بهتر، ظرف پلاستیکی حاوی قطعه پارچه در داخل کیسه قرار گرفت و پس از یک ساعت قطعات پارچه روی فویل آلومینیومی پهن گردید و هر ۱۵ دقیقه یک بار پشت و رو شد تا محلول به طور یکنواخت در تمام سطح پارچه نفوذ کند. پس از آغشته‌سازی به منظور خشک شدن کامل، قطعات پارچه به مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه با دمای ۲۶–۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰–۳۰ درصد و به دور از نور مستقیم خورشید قرار گرفتند.

شستشوی پارچه‌ها

شستشوی قطعات پارچه به صورت دستی و بر اساس روش استاندارد سازمان بهداشت جهانی انجام شد. برای انجام این کار ۴ گرم پودر رختشویی در ۲ لیتر آب معمولی با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حل شد و قطعات پارچه به مدت ۳۰ دقیقه در این محلول قرار داده شدند و پس از آن هر قطعه به مدت ۳۰ ثانیه با مالش و سایش شستشو داده شد. سپس آبکشی قطعات به مدت ۲۰ دقیقه با آب با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با شدت جریان یکنواخت انجام شد و قطعات پارچه به منظور خشک شدن در سایه روی طناب آویزان شدند و پس از خشک شدن، قطعات پارچه در داخل کیسه پلاستیکی با کدگذاری در دمای اتاق تا زمان انجام تست‌های زیست‌سنجی نگهداری شدند. پس از هر بار تست زیست‌سنجی مراحل شستشو برای هر قطعه تا ۱۱ بار شستشو تکرار شد (۲۳).

تست‌های زیست سنجی

برای انجام تست‌های زیست‌سنجی از لوله هولدینگ استاندارد سازمان بهداشت جهانی استفاده شد (شکل ۲) و پارچه در قسمت لوله تماس (قرمز) قرار گرفته و با گیره مخصوص ثابت شد. سپس تعداد ۱۵–۱۰ عدد پشه ماده خون نخورده ۲ تا ۳ روزه با آسپیراتور به لوله سبز هولدینگ انتقال یافت و پس از نیم ساعت استراحت پشه‌ها با فوت ملایم به لوله تماس منتقل شدند و به مدت ۳ دقیقه در این لوله در تماس با پارچه قرار گرفتند و پس از آن با فوت ملایم به لوله سبز انتقال داده شده و زیر نظر قرار گرفتند و درصد پشه‌های ناک داون شده در ۱۵ دقیقه پس از تماس (KD15) و همچنین درصد پشه‌های ناک داون شده در ۶۰ دقیقه پس از تماس (KD60) محاسبه شد و پس از آن پنبه آغشته به محلول ساکارز ۱۰ درصد بر روی توری لوله هولدینگ قرار داده شد و برای حفظ رطوبت لوله‌های هولدینگ با حوله مرطوب پوشانده شدند (۲۳).

پس از ۲۴ ساعت شاخص (M24) با شمارش پشه‌های مرده محاسبه گردید. تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل واریانس مکرر و نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد.

شکل-۲. لوله هولدینگ استاندارد تست زیست سنجی

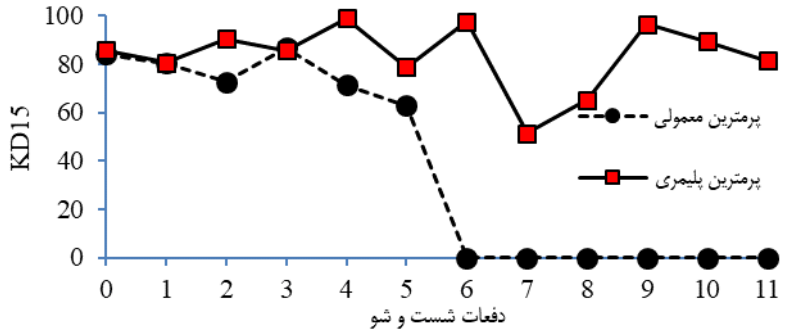
ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش تمام اصول اخلاقی مرتبط از جمله اخذ کد اخلاق از کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) به شماره IR.BMSU.REC.1397.209، رعایت دستورالعمل‌های بهداشتی و استفاده از روش‌های استاندارد تست‌های زیست‌سنجی در نظر گرفته شد.

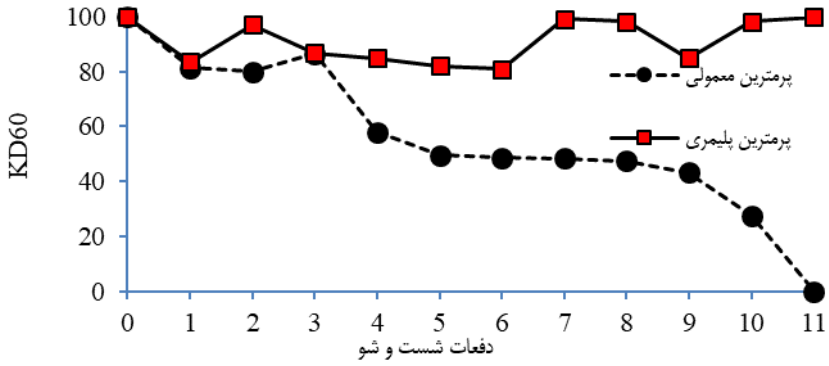
نتایج

بر اساس نتایج این مطالعه ناک داون ۱۵ دقیقه (KD15) آنوفل استفنسی تماس داده شده با یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی شسته نشده ۱/۵۷ ± ۸۴٪ و پس از یک تا پنج بار شستشو به ترتیب ۰/۴۲ ± ۸۰/۳۳٪، ۱/۱۷ ± ۷۲/۶۷٪، ۰/۷۶ ± ۸۶/۶۷٪، ۰/۷۹ ± ۷۱/۱۷٪ و ۱/۲ ± ۶۲/۶۷٪ است و این نشان می‌دهد که از لحاظ ناک داون ۱۵ دقیقه (KD15) آنوفل استفنسی، اختلاف معنی‌داری در دفعات شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی وجود دارد ($P<0/05$). به این معنی که شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین باعث کاهش تعداد پشه‌های ناک داون شده در طول ۱۵ دقیقه پس از تماس با سطوح سمی شده است و پس از شستشوی ششم نیز این تعداد به صفر می‌رسد. اما در مورد یونیفرم آغشته به پرمترین و ترکیبات پلیمری، ناک داون پشه‌ها پس از شستشوی ششم نیز ادامه دارد و مقدار KD15 از ۱/۸ ± ۸۵/۵٪ در یونیفرم شسته نشده به ۰/۷۱ ± ۸۱/۳۳٪ پس از شستشوی یازدهم می‌رسد. افزایش KD15 در شستشوی سوم احتمالا به دلیل آزاد شدن مولکول‌های حشره‌کش پرمترین از خلل و فرج الیاف و قرار گرفتن در سطح رویی است که در تماس با حشره باعث ناک داون شدن آن می‌شود. این وضعیت معمولا در فرمولاسیون معمولی اتفاق می‌افتد و در فرمولاسیون پلیمری که پیوند محکمی برقرار می‌گردد به ندرت مشاهده می‌شود (نمودار ۱).

نتایج حاصل از شاخص KD60 آنوفل استفنسی تماس داده شده با یونیفرم‌های آغشته به پرمترین معمولی و پرمترین پلیمری تا یازده بار شستشو در نمودار ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج شاخص KD60 در دو نوع یونیفرم تا شستشوی سوم تقریبا به هم نزدیک است اما این شاخص از شستشوی چهارم به بعد در پرمترین معمولی روند نزولی پیدا می‌کند و در نهایت به صفر می‌رسد درحالی‌که در پرمترین پلیمری ادامه می‌یابد.



نمودار-۱. تاثیر دفعات شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی و پرمترین پلیمری بر KD15 آنوفل استفنسی



نمودار-۲. تاثیر دفعات شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی و پرمترین پلیمری بر درصد KD60 آنوفل استفنسی

شاخص M24 (مرگ و میر پشه‌ها ۲۴ ساعت پس از تماس) در مورد هر دو نوع یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی و پرمترین پلیمری در شستشوی بار اول و دوم به صورت ۱۰۰ درصد است. این شاخص در مورد یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی در شستشوی بار پنجم افزایش یافته که احتمالا به دلیل قرار گرفتن مولکول‌های پرمترین در سطح رویی الیاف در طی شستشو می‌باشد. اما پس از آن روند کاهشی دارد و در شستشوی ششم به ۰/۵۷ ± ۶۵٪ و در نهایت پس از یازده بار شستشو به صفر می‌رسد. اما در مورد یونیفرم

جدول-۱. تاثیر دفعات شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی و پرمترین پلیمری بر درصد مرگ و میر (M24) آنوفل استفنسی

درصد M24 (±SE) در دفعات مختلف شستشو		
دفعات شستشو	پرمترین معمولی	پرمترین پلیمری
بدون شستشو	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰
۱ بار	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰
۲ بار	۱۰۰ ± ۰	۱۰۰ ± ۰
۳ بار	۶۸/۳۳ ± ۱/۲	۱۰۰ ± ۰
۴ بار	۵۸/۱۷ ± ۱/۰۷	۱۰۰ ± ۰
۵ بار	۹۴/۸۳ ± ۱/۶۸	۱۰۰ ± ۰
۶ بار	۶۵ ± ۰/۵۷	۹۷/۱۷ ± ۰/۸۷
۷ بار	۵۰/۵ ± ۱/۱۱	۹۲/۳۳ ± ۱/۱۱
۸ بار	۴۲/۵ ± ۰/۸۴	۸۴/۱۷ ± ۰/۸۳
۹ بار	۲۳/۶۷ ± ۱/۲	۸۴/۳۳ ± ۰/۴۲
۱۰ بار	۱۱/۶۷ ± ۰/۷۶	۸۱/۳۳ ± ۰/۸۰
۱۱ بار	۰	۷۹/۱۷ ± ۰/۵۴

آغشته به پرمترین پلیمری تا ۵ بار شستشو، مرگ و میر به صورت ۱۰۰ درصد بوده و پس از آن نیز روند کاهشی با شیب ملایم دارد و پس از یازده بار شستشو نیز برابر با ۰/۵۴ ± ۷۹/۱۷ است (جدول ۱). روند کاهش درصد مرگ و میر پشه آنوفل استفنسی تماس داده شده با یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی در تمام مراحل شستشو یکنواخت نیست و با افزایش دفعات شستشو، درصد مرگ و میر با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. به طوریکه در شستشوی بار نهم و دهم قدرت حشره‌کشی یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی تقریبا ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد ۱۱ بار شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین معمولی باعث کاهش ۱۰۰ درصدی قدرت حشره‌کشی آن می‌گردد و پس از آن برای استفاده مجدد بایستی آغشته‌سازی صورت گیرد. درحالی‌که شستشوی یونیفرم آغشته به پرمترین پلیمری تا ۵ بار تاثیری بر قدرت حشره‌کشی آن ندارد و پس از شستشوی یازدهم نیز حدود ۸۰ درصد از قدرت حشره‌کشی خود را حفظ نموده است. در واقع وجود ترکیبات پلیمری باعث حفظ قدرت حشره‌کشی یونیفرم در برابر شستشو شده است. در مطالعه مشابهی در استرالیا قدرت حشره‌کشی البسه آغشته به پرمترین معمولی در مقابل کنه‌های سخت (ایگسودیده)، حداکثر تا ۴ بار شستشو گزارش شده است (۲۴). مطالعه دیگر بر روی یونیفرم آغشته به پرمترین نشان می‌دهد که برای محافظت کافی در برابر گزش پشه‌ها پس از پنج بار شستشو، باید یونیفرم‌های جنس الیاف کتان را مجددا به پرمترین آغشته کرد (۲۵). در حالی‌که نتایج یک پژوهش دیگر نشان داده است که یونیفرم‌های آغشته به پرمترین با روش پوشش پلیمری پس از ۵۰ بار شستشو نیز محافظت ۱۰۰ درصدی در برابر گزش پشه‌های آنوفل فاروتی و آئدس اجیپتی ایجاد می‌کنند (۲۶). تاثیر افزودن ترکیبات پلیمری بر ماندگاری قدرت حشره‌کشی البسه آغشته به پرمترین در مطالعات دیگر نیز نشان داده شده است (۳۰-۲۷). ترکیبات پلیمری با پوشش اتصال ماده فعال و الیاف پارچه سبب ایجاد پیوند شیمیایی بین مولکول‌های ترکیب پلیمری، ماده موثره حشره‌کش و الیاف پارچه می‌شوند. از مزایای دیگر استفاده از ترکیبات پلیمری در پارچه‌های آغشته می‌توان به کاهش میزان جذب پرمترین از طریق پوست و کاهش اثرات مخرب محیطی در هنگام شستشو اشاره کرد (۳۱). در تهیه یونیفرم‌های آغشته، باید رضایتمندی و سهولت در استفاده برای کاربران مورد توجه قرار گیرد (۳۲). علاوه بر این با توجه به اینکه الیاف مختلف دارای خصوصیات فیزیکی متفاوتی هستند، نوع و جنس پارچه نیز می‌تواند در ماندگاری قدرت حشره‌کشی لباس آغشته موثر باشد (۲۴). هر چند که عوامل محیطی تاثیر کمی بر میزان باقیمانده پرمترین دارند اما شستشو یک عامل مهم در کاهش پرمترین از سطح الیاف آغشته می‌باشد (۳۳). نتایج این مطالعه تاثیر ترکیبات پلیمری بر حفظ قدرت حشره‌کشی یونیفرم آغشته در برابر پشه آنوفل استفنسی بر اساس شاخص‌های KD15، KD60 و M24 را نشان داد اما پیشنهاد می‌گردد مطالعه بر روی میزان باقیمانده پرمترین در یونیفرم‌های آغشته به فرمولاسیون پلیمری پس از دفعات مختلف شستشو، نیز صورت گیرد. زیرا مطالعات نشان داده است که شستشو به عنوان قویترین عامل حذف کننده پرمترین از البسه آغشته می باشد (۱۲،۲۱). لباس‌های آغشته به پرمترین، برای ممانعت از گزش، نیش یا سایر آسیب‌های طیف گسترده‌ای از حشرات و سایر بندپایان موثرند. لباس‌ها، حفاظت‌دهی بسیار خوبی در مقابل هیره‌های مولد بیماری گال و حشرات نیش‌زن مانند زنبورها و مورچه‌های نیش‌زن که از مشکلات بهداشتی نیروهای نظامی ایران در مناطق جنوبی و جزایر خلیج فارس هستند، ایجاد می‌کنند (۳۴،۳۵). این تکنیک برای جلوگیری از گزش پشه‌های ناقل بیماری از جمله دو گونه از پشه‌های جنس آئدس، شامل آئدس اجیپتی و آئدس آلبوپیکتوس که در سال‌های اخیر در بسیاری از مناطق دنیا و از جمله منطقه خاورمیانه و ایران انتشار یافته‌اند و

ناقلین مهم تب دانگ و برخی بیماری‌های آربوویروسی هستند نیز بسیار کارآیی دارد (۳۸-۳۶). علاوه‌بر این، بقای طولانی پرمترین بر روی یونیفرم‌های نظامی که در فرمولاسیون پلیمری امکانپذیر است، می‌تواند به پیشگیری از گسترش بیماری‌های ناشی از حشرات کمک نماید و باعث ارتقاء سطح بهداشتی و سلامت افراد نظامی گردد. فرمولاسیون پلیمری و همچنین تکنیک کپسول سازی، با افزایش دوام و ثبات مولکول‌های پرمترین بر روی الیاف، قدرت حشره‌کشی را افزایش می‌دهند (۲۱،۳۹).

نتیجه‌گیری

آغشته‌سازی البسه به پرمترین روش مناسبی برای جلوگیری از گزش حشرات و بندپایان خونخوار می‌باشد. امروزه استفاده از یونیفرم‌های آغشته در نیروهای نظامی رایج است اما قدرت حشره‌کشی یونیفرم‌های آغشته به فرمولاسیون معمولی پرمترین پس از چند بار شستشو کاهش می‌یابد. با ایجاد پوشش پلیمری به کمک پلیمرهای ترکیبات پلی ونیلی و رزین می‌توان این مشکل را رفع نمود. فرمولاسیون پلیمری پرمترین با دوام بوده و اثر ابقایی طولانی دارد و یونیفرم‌های آغشته به آن را می‌توان برای مقاصد طولانی مدت مورد استفاده قرار داد. در ضمن با توجه به اینکه رهاسازی پرمترین و سایر ترکیبات این فرمولاسیون به مرور انجام می‌شود، اثرات جانبی مضر نخواهد داشت.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- استفاده از یونیفرم‌های آغشته باعث کاهش گزش حشرات و بندپایان و در نتیجه کاهش ابتلا به بیماری‌های منتقلیه از طریق آن‌ها در نیروهای نظامی می‌گردد.
- فرمولاسیون پلیمری با دوام‌تر از فرمولاسیون معمولی پرمترین بوده و آغشته‌سازی یونیفرم به فرمولاسیون پلیمری با توجه به مقاومتی که در برابر شستشوهای متعدد دارد، می‌تواند یک روش حفاظت فردی مناسب برای نیروهای نظامی در حال ماموریت باشد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله نویسندگان از مرکز تحقیقات بهداشت و تغذیه و مرکز علوم حیوانات آزمایشگاهی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Golding N, Wilson AL, Moyes CL, Cano J, Pigott DM, Velayudhan R, et al. Integrating vector control across diseases. BMC Medicine. 2015;13:249. doi:10.1186/s12916-015-0491-4
2. Khoobdel M, Dehghan O, Bakhshi H, Moradi M. Control and management of vector-borne diseases in disaster conditions. Journal of Military Medicine. 2020;22(8):778-98. doi:10.30491/JMM.22.8.778
3. Alpern JD, Dunlop SJ, Dolan BJ, Stauffer WM, Boulware DR. Personal protection measures against mosquitoes, ticks, and other arthropods. Medical Clinics. 2016;100(2):303-16. doi:10.1016/j.mcna.2015.08.019
4. Motevalli-Haghi F, Fathi H, Ebrahimzadeh MA, Eslami S, Karamie M, Eslamifar M, et al. Evaluation of Phytochemical, Total Phenolic and Flavonoidcontent, Antioxidant Activities, and Repelling Property of Sambucusebulus. Journal of Medicinal Plants and By-products. 2020;9(Special):97-105. doi:10.22092/jmpb.2020.121756
5. Vaughn MF, Meshnick SR. Pilot study assessing the effectiveness of long-lasting permethrin-impregnated clothing for the prevention of tick bites. Vector-Borne and Zoonotic Diseases. 2011;11(7):869-75. doi:10.1089/vbz.2010.0158
6. Kimani EW, Vulule JM, Kuria IW, Mugisha F. Use of insecticide-treated clothes for personal protection against malaria: a community trial. Malaria Journal. 2006;5:63. doi:10.1186/1475-2875-5-63
7. Khoobdel M, Akbari M, Aivazi AA, Moosa-Kazemi SH, Yousefi H, Akbari MR, et al. An investigation on permethrin-treated military uniforms against diurnal mosquitoes under field conditions. Advancements in Life Sciences. 2020;7(4):247-51.
8. Khoobdel M, Shayeghi M, Vatandoost H, Rassi Y, Abaei MR, Ladonni H, et al. Field evaluation of permethrin-treated military uniforms against *Anopheles stephensi* and 4 species of Culex (Diptera: Culicidae) in Iran. Journal of Entomology. 2006;3(2):108-18. doi:10.3923/je.2006.108.118
9. Khoobdel M, Shayeghi M, Ladonni H, Rassi Y, Vatandoost H, Alipour HK. The efficacy of permethrin-treated military uniforms as a personal protection against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) and its environmental consequences. International Journal of Environmental Science & Technology. 2005;2:161-7. doi:10.1007/BF03325871
10. Hebeish A, Hamdy IA, EL–Sawy SM, Abdel–Mohdy FA. Bioallethrin–based cotton finishing to impart long–lasting toxic activity against mosquitoes. Research Journal of Textile and Apparel. 2009;13(1):24-33. doi:10.1108/RJTA-13-01-2009-B003
11. Talebi KH. Pesticide Toxicology. Tehran: Tehran University Publication. 2010:76-78. [In Persian]
12. Faulde MK, Pages F, Uedelhoven W. Bioactivity and laundering resistance of five commercially available, factory-treated permethrin-impregnated fabrics for the prevention of mosquito-borne diseases: the need for a standardized testing and licensing procedure. Parasitology Research. 2016;115:1573-82. doi:10.1007/s00436-015-4892-2

13. Türkoğlu GC, Sarıışık AM, Erkan G, Yıkılmaz MS, Kontart O. Micro-and nano-encapsulation of limonene and permethrin for mosquito repellent finishing of cotton textiles. Iranian Polymer Journal. 2020;29:321-9. doi:10.1007/s13726-020-00799-4
14. Rossbach B, Niemietz A, Kegel P, Letzel S. Uptake and elimination of permethrin related to the use of permethrin treated clothing for forestry workers. Toxicology Letters. 2014;231(2):147-53. doi:10.1016/j.toxlet.2014.10.017
15. Faulde MK, Uedelhoven WM, Robbins RG. Contact toxicity and residual activity of different permethrin-based fabric impregnation methods for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae), and *Lepisma saccharina* (Thysanura: Lepismatidae). Journal of Medical Entomology. 2003;40(6):935-41. doi:10.1603/0022-2585-40.6.935
16. Khoobdel M. Evaluation of permethrin treated clothing for personal protection against phlebotomus papatasi (diptera: psaychodidae). Journal of Entomology. 2008;5(1):51-5. doi:10.3923/je.2008.51.55
17. Faulde M, Albiez G, Nehring O. Novel long-lasting impregnation technique transferred from clothing to bednets: extended efficacy and residual activity of different pyrethroids against *Aedes aegypti* as shown by EN ISO 6330-standardized machine laundering. Parasitology Research. 2012;110(6):2341-50. doi:10.1007/s00436-011-2769-6
18. Appel KE, Gundert-Remy U, Fischer H, Faulde M, Mross KG, Letzel S, et al. Risk assessment of Bundeswehr (German Federal Armed Forces) permethrin-impregnated battle dress uniforms (BDU). International journal of hygiene and environmental health. 2008;211(1-2):88-104. doi:10.1016/j.ijheh.2007.10.005
19. Militz H, Schaffert S, Peters BC, Fitzgerald CJ. Termite resistance of DMDHEU-treated wood. Wood Science and Technology. 2011;45:547-57. doi:10.1007/s00226-010-0345-3
20. Hebeish A, Hamdy IA, El-Sawy SM, Abdel-Mohdy FA. Preparation of durable insect repellent cotton fabric through treatment with a finishing formulation containing cypermethrin. The Journal of The Textile Institute. 2010;101(7):627-34. doi:10.1080/00405000902732859
21. Richards SL, Agada N, Balanay JA, White AV. Permethrin treated clothing to protect outdoor workers: evaluation of different methods for mosquito exposure against populations with differing resistance status. Pathogens and Global Health. 2018;112(1):13-21. doi:10.1080/20477724.2018.1437692
22. Ghamari M, Khoobdel M, Iman M. Increase the residual efficacy of permethrin-impregnated cloths against mosquitoes by the use of controlled-release formulations. International Journal of Mosquito Research 2019;6(2):51-7.
23. World Health Organization. (2005). Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal mosquito nets. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/who-cds-whopes-gcdpp-2005.14. [accessed 20 September 2024]
24. Panthawong A, Chareonviriyaphap T, Doggett SL. Toxicity and persistence of permethrin-impregnated clothing against the Australian paralysis tick, *Ixodes holocyclus* (Acari: Ixodidae). Austral Entomology. 2020;59(4):845-51. doi:10.1111/aen.12496
25. Gopalakrishnan R, Chaurasia AK, Baruah I, Veer V. Evaluation of permethrin-impregnated military uniforms for contact toxicity against mosquitoes and persistence in repeated washings. International Journal of Environmental Science and Technology. 2014;11:1855-60. doi:10.1007/s13762-013-0337-6
26. Frances SP, Sferopoulos R, Lee B. Protection from mosquito biting provided by permethrin-treated military fabrics. Journal of medical entomology. 2014;51(6):1220-6. doi:10.1603/ME14084
27. Ardanuy M, Faccini M, Amantia D, Aubouy L, Borja G. Preparation of durable insecticide cotton fabrics through sol–gel treatment with permethrin. Surface and Coatings Technology. 2014;239:132-7. doi:10.1016/j.surfcoat.2013.11.031
28. Faulde M, Scharninghausen J, Tisch M. Preventive effect of permethrin-impregnated clothing to *Ixodes ricinus* ticks and associated Borrelia burgdorferi sl in Germany. International Journal of Medical Microbiology. 2008;298:321-4. doi:10.1016/j.ijmm.2007.11.007
29. Faulde MK, Uedelhoven WM, Malerius M, Robbins RG. Factory-based permethrin impregnation of uniforms: residual activity against *Aedes aegypti* and *Ixodes ricinus* in battle dress uniforms worn under field conditions, and cross-contamination during the laundering and storage process. Military Medicine. 2006;171(6):472-7. doi:10.7205/MILMED.171.6.472
30. Faulde MK, Nehring O. Synergistic insecticidal and repellent effects of combined pyrethroid and repellent-impregnated bed nets using a novel long-lasting polymer-coating multi-layer technique. Parasitology Research. 2012;111(2):755-65. doi:10.1007/s00436-012-2896-8
31. Faulde M, Uedelhoven W. A new clothing impregnation method for personal protection against ticks and biting insects. International Journal of Medical Microbiology. 2006;296:225-9. doi:10.1016/j.ijmm.2006.01.008
32. Banks SD, Murray N, WILDER-SMITH A, Logan JG. Insecticide-treated clothes for the control of vector-borne diseases: a review on effectiveness and safety. Medical and Veterinary Entomology. 2014;28(S1):14-25. doi:10.1111/mve.12068
33. Ghamari M, Khoobdel M. Permethrin-impregnated military uniform protection against different species of biting insects: narrative review. Journal of Military Medicine. 2019;21(3):221-33.
34. Khoobdel M, Azari-Hamidian S, Hanafi-Bojd AA, Bakhshi H, Jafari A, Moradi M. Scabies as a neglected tropical disease in Iran: A systematic review with meta-analysis, during 2000–2022.

Journal of Arthropod-Borne Diseases. 2022;16(3): 180-95. doi:10.18502/jad.v16i3.12034
35. Khoobdel M, Tavassoli M, Salari M, Firozi F. The stinging Apidae and Vespidae (Hymenoptera: Apocrita) in Iranian islands, Qeshm, Abu–Musa, Great Tunb and Lesser Tunb on the Persian Gulf. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2014;4:S258-62. doi:10.12980/APJTB.4.2014C1153
36. DeRaedt Banks S, Orsborne J, Gezan SA, Kaur H, Wilder-Smith A, Lindsey SW, et al. Permethrin-treated clothing as protection against the dengue vector, *Aedes aegypti*: extent and duration of protection. PLoS Neglected Tropical Diseases. 2015;9(10):e0004109. doi:10.1371/journal.pntd.0004109
37. Sedaghat MM, Omid FB, Karimi M, Haghi S, Hanafi-Bojd AA. Modelling the probability of presence of Aedes aegypti and Aedes albopictus in Iran until 2070. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 2023;16(1):16-25. doi:10.4103/1995-7645.368017
38. Sukumaran D, Sharma AK, Wasu YH, Pandey P, Tyagi V. Knockdown and repellent effect of permethrin-impregnated army uniform cloth against *Aedes aegypti* after different cycles of washings. Parasitology research. 2014;113:1739-47. doi:10.1007/s00436-014-3819-7
39. Balaji AP, Ashu A, Manigandan S, Sastry TP, Mukherjee A, Chandrasekaran N. Polymeric nanoencapsulation of insect repellent: Evaluation of its bioefficacy on *Culex quinquefasciatus* mosquito population and effective impregnation onto cotton fabrics for insect repellent clothing. Journal of King Saud University-Science. 2017;29(4):517-27. doi:10.1016/j.jksus.2016.12.005