

# זיהוי רפואי ופתולוגיה פורנזית צבאית: הישגים ותובנות מפתח

מושב מבוא

סא"ל (מיל) פרופ' דוד גרץ<sup>1,3</sup>, סא"ל (מיל) ד"ר חן קוגל<sup>5,4</sup>

- <sup>1</sup> יועץ קצין הרפואה הראשי לזיהוי רפואי
- <sup>2</sup> פרופסור ע"ש ברנדמן למחלות לב וריאה
- <sup>3</sup> ראש המסלול הצבאי לרפואה "צמרת" ומנהל המכון למחקר ברפואה צבאית (IRMM), הפקולטה לרפואה של האוניברסיטה העברית בירושלים וחיל הרפואה, צה"ל
- <sup>4</sup> יועץ קצין הרפואה הראשי לרפואה משפטית
- <sup>5</sup> מנהל המרכז הלאומי לרפואה משפטית, משרד הבריאות

המחבר המכתוב: סא"ל (מיל) פרופ' דוד גרץ  
דוא"ל: davidg@ekmd.huji.ac.il

המושג נפתח בסקירת השינויים האדמיניסטרטיביים שחוותה המערכת הרפואית הצבאית בארה"ב עם הקמת הסוכנות להגנה על הבריאות (Defense Health Agency, DHA). קולונל ד"ר לואיס פינלי (COL Dr. Louis Finelli), ראש הזיהוי הרפואי בצבא ארה"ב (Chief, US Armed Forces Medical Examiner), שסקר שינויים אלה, התמקד בין השאר בהשפעת הקמתו של ה-DHA על Armed Forces Medical Examiner System (AFMES), השוכן בעיר דובר שבמדינת דלאוור, שמעתה יהיה כפוף אליו. בתוך כך, תיאר ד"ר פינלי את החידושים התשתיתיים והטכנולוגיים שהושגו מאז כנס "שורש" הקודם, ב-2017.

בהמשך המושג סקרה לוטננט קולונל ד"ר אליס בריונס (LTC Dr. Alice Briones), סגנית ראש הזיהוי הרפואי בצבא ארה"ב, את פעילותן של מעבדת זיהוי הדנ"א של צבא ארה"ב (Armed Forces DNA Repository) וה-DNA Identification Laboratory (AFDIL) המסכנת את מאגר דגימות ה-reference של כוחות הביטחון של ארה"ב. ד"ר בריונס תיארה את ערוצי השירות שמספקים גופים אלה עבור צבא ארה"ב על זרועותיו, לצד שירותה של מעבדת זיהוי הדנ"א AFDIL, כמעבדה הלאומית היחידה, הן עבור הצבא והן עבור רשויות אחרות במצבים מיוחדים, לפי בקשתם.

## חידושים בזיהוי על סמך דנ"א

ד"ר ג'ון ביירד (Dr. John Byrd), מנהל התחום המדעי בסוכנות לרישום שבויי מלחמות ונעדרי קרבות במחלקת ההגנה של ארה"ב (US Defense POW/MIA Accounting Agency, Hickam AFB), הציג את המבצעים וההישגים האחרונים (Honolulu, Hawaii), הציג את המבצעים וההישגים האחרונים בזיהוי חללים ממלחמת העולם השנייה בהפצצות צבא יפן על ספינות הצי האמריקני שעגנו במפרץ פרל הארבור בשנת 1941. ד"ר ביירד הסביר כי עד כה נקברו רבים מהחללים בקבר אחים, בבית קברות צבאי סמוך להונולוולו, וכי לאור ההתפתחויות הטכנולוגיות האחרונות, ובכלל זה ריצוף הדור הבא (Next Generation Sequencing, NGS), לצד הפניית המשאבים הדרושים, זהו לא מכבר רבים מהנעדרים, בייחוד מהמשחתת "אוקלהומה". גם מלאכת זיהוי גופותיהם של נעדרים ממלחמת וייטנאם עדיין לא תמה, וכן זיהוי חללי מלחמה שהושבו מצפון קוריא, מקרב יותר מכ-7,700 שעדיין מוגדרים נעדרים מהמערכה בשנות ה-50.

ד"ר נורית בובליל, מנהלת מעבדת הדנ"א של המרכז הלאומי לרפואה משפטית במשרד הבריאות ובכירה במעבדת הדנ"א הצה"לית בצרפין, תיארה הישגים חשובים שנרשמו בישראל בזיהוי על סמך דנ"א, כגון השיפור בטכניקות דגימת הרקמות (tissue sampling) שקיצר את משך הזמן הנדרש לצורך זיהוי. ד"ר בובליל אף הדגישה את חשיבות רכישתו של מכשיר ה-Next Generation Sequencing לא מכבר. המכשיר מאפשר ריצוף מהימן וברגישות גבוהה מדגימות שהן באיכות ירודה יחסית.<sup>a</sup>

ד"ר טימותי מקמהון (Dr. Timothy McMahon), מנהל DNA Operations במשרד ההגנה של ארה"ב, הממוקם בתוך AFMES,

<sup>a</sup> מאמר המתמקד בריצוף הדור הבא (Next Generation Sequencing, NGS) לצורך הרפואה המשפטית והצבאית יתפרסם בגיליון הקרוב של העיתון.

הציג חידושים בשימוש בדנ"א מיטוכונדריאלי בזיהוי, ובייחוד בדגימות היסטוריות. הוא הציג טכניקות מתקדמות המשפרות את מיצוי הדנ"א (DNA extraction) במצבים של דגימות באיכות גרועה או מגופות שהיו חשופות לחומרים כימיים ולזיהומים חיידקיים. ד"ר מקמהון, הנחשב סמכות ידע עולמית בתחומי הזיהוי על סמך דנ"א, ביקר פעמים אחדות בישראל, והיה מעורב מאוד בהקמה ובתיקוף של מעבדת הדנ"א בצה"ל. עובדות אלו מעידות כי שיתוף הפעולה המתקיים דרך "שורש" אינו רק מקור להפריה אקדמית, כי אם משמש עוגן לשיתופי פעולה בהקשרים צבאיים ו"כתף" מבצעית חשובה למערך הזיהוי הרפואי בישראל.

## שיטות גנומיות חדשניות בזיהוי רפואי ובקביעת חיות

בדיון עם המומחים מארה"ב וגם מישראל הודגש כי ברבים מהמקרים של איסוף רקמות מהשטח, זיהוי הרקמה על ידי היסטולוגיה קונבנציונלית אינו מניב תוצאות מהימנות. בעיה זו, שנעשית קשה במיוחד במקרים של נעדרים או חטופים מהשטח, עוררה צורך רב-ערך בפיתוח שיטות חלופיות לזיהוי המקורות האנטומיים של הרקמות. פרופ' נועם שומרון, ראש קבוצת Functional Genomics וצוות AI בפקולטה לרפואה באוניברסיטת תל-אביב, הציג גישה חדשנית לסיווג רקמות אנושיות על ידי קביעת פרופיל ה-micro-RNAs של הרקמה. הגישה מבוססת על ההנחה ההיפותטית שלפיה לכל סוג של רקמה או איבר יש פרופיל ייחודי של micro-RNAs. אם אכן תוכח ההיפותזה – תתאפשר בניית מסד נתונים (data base) של פרופיל ה-micro-RNAs לכל איבר.

ד"ר יסמין יעקב-הירש, הנמנית בקבוצה שבראשה פרופ' גדעון רכבי ממרכז שיבא לחקר הסרטן בתל-השומר ואוניברסיטת תל-אביב, הציגה חידוש בקביעת חיות באמצעות סיווג רקמות גנומי על ידי זיהוי Retrotransposons בעזרת Next Generation Sequencing (NGS). אם תוכח מהימנות השיטה, היא תאפשר בדיקה גם על סמך רקמות שאיכותן ירודה, כגון שרידים שנאספו בשדה הקרב כעבור זמן רב. שיטת ה-Retrotransposons המבוססת על שיטת ה-NGS מאפשרת בדיקת רקמות בלי הגבלת הזמן הקיימת בשיטת ה-micro-RNAs. בדיון סוכם כי לאור יתרונותיהן וחסרונותיהן של שתי השיטות החדשות הללו, וכדי להגדיל את מהימנות

(COL Dr. William Nelson), מפקד רפואה מבצעית משולבת ובין-לאומית, בית הספר לרפואה אווירית של חיל האוויר האמריקני (Chief, Integrated and International Operational Medicine - The US Air Force School of Aerospace Medicine, USAFSAM). גם במקרה זה שיתוף הפעולה בין שתי הקבוצות אינו מסתיים ברובד האקדמי, אלא מתקיים גם במישור המבצעי. קולונל ד"ר מזוקובסקי (COL Dr. Mazuchowski) פתח את המושב בסקירה מלווה בהדגמות של הטכניקות הדרושות ברפואה הפורנזית להגעה לתוצאות מהימנות בחקר מנגנוני הפציעות באסונות אוויריים.

לוטננט קולונל ברינוס התמקדה בדיון בשיטות לזיהוי רקמות יבשות של קרבנות מאסונות אוויריים היסטוריים, ולשם הדגמה הציגה מקרה שהתרחש לפני 64 שנה. ד"ר ניצן בלטון מהמרכז הלאומי לרפואה משפטית, וסא"ל גל, חוקר תאונות אוויריות, הציגו את האתגרים העיקריים בחקירת הנסיבות והסיבות למקרי פציעה ומוות במגזר התעופה. אתגרים אלה הודגמו בדיון מעמיק בשתי תאונות קשות שאירעו בשנתיים האחרונות. מעבר לדיונים וברמה העקרונית, הודגשה החשיבות העצומה שבשיתוף הפעולה בין שתי המדינות.

### מוות בר-מניעה בשדה הקרב: מושב משותף עם קבוצת רפואה מבצעית

המושב התקיים בניהול משותף בין יושבי ראש קבוצת הזיהוי הרפואי ויושבי ראש קבוצת הרפואה המבצעית: סא"ל ד"ר יעקב חן, ראש ענף רפואה מבצעית, והקולונל ד"ר מייקל דייוויס (COL Dr. Michael Davis), מנכ"ל התכנית לחקר הטיפול בנפגעי לחימה אמריקניים (Dr. Michael Davis US Combat Casualty Care Research Program, MRMC). ההרצאה הראשונה במושב הייתה של רס"ן ד"ר תומר ארליך, ראש המדור למיגון אישי בענף לרפואה מבצעית שבמפקדת קציני הרפואה הראשי, ורס"ן גיא שושן, ראש ענף מיגון אישי ביחידת הטכנולוגיה של מפקדת זרוע היבשה (מז"ב). השניים הציגו את התופעה המוכרת כ-BABT (Behind Armor Blunt Trauma) - פגיעה טראומתית הנובעת מעיוות המיגון עצמו תוך כדי בלימת חזירתו של קליע או רסיס. מעבר לתיאור התופעה, הוצגו סיכונים וכן האמצעים למניעתה, הן אלה הקיימים והן אלה שעדיין נחוצים. הקולונל ד"ר מזוקובסקי הציג לאחריהם סקירה מעמיקה על הגישה המערכתית של AFMES למקרי מוות בשדה הקרב ועל הממשק עם מערך הטרואמה האחד (Joint Trauma System, JTS). ד"ר מזוקובסקי הדגיש את חשיבות ישיבות ה-mortality המשותפות הקבועות לייעול הטיפול והטכנולוגיות העשויות לשפר את ההישרדות בשדה הקרב ולהפחית מקרי מוות בני-מניעה.

בהמשך הדיון במושב הציג רס"ן ד"ר נועם פרוטר את "טופס הפעולות המובנה לפתולוג המשפטי הצבאי לטיפול בנפגעים בקרב" (Pathologist Combat Casualty Care Check List for the Forensic). הטופס נועד לוודא שהרופא המשפטי אינו מדלג על בדיקות ועל תיאורים חיוניים הנחוצים לקביעת הנסיבות וסיבת המוות, יעילות הטיפול והמיגון, וכן דרכים אפשריות לשיפור הסיכויים לשרוד.

ד"ר אלון קריספין מהמרכז הלאומי לרפואה משפטית, מפקד המדור לרפואה משפטית ביחידת הזיהוי הרפואי, נעל את המושב בתיאור מעמיק של מקרי מוות נבחרים בשדה הקרב במערכות ישראל, בדגש על "צוק איתן". קריספין סיכם את התובנות שהופקו ביחס לנסיבות ולסיבות המוות והצביע על התנאים הנדרשים כדי להגדיל את הסיכויים למניעה.

התוצאה - יהיה צורך בזמינות של שתי השיטות גם יחד בארגון הכלים המעבדתי.

רס"ן ד"ר ופי חמד, ראש מדור זיהוי רפואי ברבנות הצבאית, ואיש הקשר (Liaison) לחיל הרפואה, חתם את הדיון בהדגישו את הדילמות הרפואיות, ההלכתיות, המבצעיות והאסטרטגיות בקביעת חיותו של חייל נעדר, ובכלל זה השפעת הקביעה על מעמד בן או בת הזוג וכן על הליך קבלת החלטות בדבר הגישה המתאימה להשבתו של הנעדר.

### נישה מותאמת-אירוע ברפואה משפטית

סא"ל (מיל') ד"ר חן קוגל הציג גישה לבדיקה הפורנזית באירועים רבי-נפגעים, כשמספר הקרבנות אינו מאפשר נתיחה מלאה שלאחר המוות (Autopsy) עבור כל מקרה בתוך פרק זמן סביר. ד"ר קוגל הדגיש את חשיבות ויסות הגישה וקביעת דרגות טיפול בהתאם לנסיבות האירוע ולאור השאלות הרפואיות, המבצעיות והמשפטיות המבקשות מענה.<sup>b</sup>

### גישות מתקדמות בהדמיה שלאחר המוות

רס"ן ד"ר נועם פרוטר, מפקד יחידת הזיהוי הרפואי בחיל הרפואה, וסא"ל ד"ר רונית תורג'מן, יועצת קרפ"ר לרפואת שיניים, הציגו חידושים בשיטות הדמיה לזיהוי על סמך שיניים, ובכלל זה עבודתם העוסקת בשימוש בטומוגרפיה ממוחשבת (CT) ליצירת צילום שיניים פנורמי שלאחר המוות כדי לשפר את יכולת ההשוואה עם צילומי שיניים פנורמיים שנותרו ממהלך חייו של החלל או מעת גיוסו.

הקולונל ד"ר אדוארד מזוקובסקי (COL Dr. Edward L. Mazuchowski), ראש השירותים הפורנזיים והזיהוי הרפואי האזורי, מרכז רפואי סן אנטוניו ומערך הטרואמה האחד (Chief, Forensic Services and Regional Medical Examiner, San Antonio Medical Center and Joint Trauma System) ולוטננט קולונל ד"ר אליס ברינוס, סגנית ראש הזיהוי הרפואי בצבא ארה"ב, הציגו את החידושים ב-AFMES (Armed Forces Medical Examiner System) בהדמיה רדיולוגית, ובתוך כך סקרו את יתרונותיהן וחסרונותיהן של השיטות הקיימות וכן את החשיבות הניכרת שבשילוב שיטות הטומוגרפיה הממוחשבת, שיקוף וסורק דיגיטלי מתקדם.

רס"ן ד"ר נועם פרוטר המשיך והציג את תפיסתו לגבי ארבעת עמודי התמך של הבדיקה הפורנזית שלאחר המוות בצה"ל, שמטרתם להגיע לנסיבות המוות ולסיבותיו המדויקות, לזהות מקרי מוות הניתנים למניעה, לשפר את המיגון האישי וכן לשפר את הטיפול הרפואי. ארבעת עמודי התמך כפי שהוצגו הם: (1) שאיפה לחקירה מלאה של נסיבות המוות וסיבותיו; (2) ביצוע הבדיקה הן מתוך הימנעות ככל האפשר מפולשנות, והן מתוך שמירה על עקרונות של יעילות והחלטיות; (3) גמישות מרבית ויכולת לעבוד בצוות מצומצם; (4) שימוש בשיטות חלופיות מורשות לפי הצורך והאילוצים המשתנים.

### אתגרים בחקר מנגנוני פציעות ומוות באסונות אוויריים: מושב משותף עם קבוצת הרפואה האווירית

המושב התקיים בניהול משותף בין יושבי ראש קבוצת הזיהוי הרפואי עם יושבי הראש של קבוצת העבודה של רפואה אווירית: סא"ל ד"ר ברק גורדון, מפקד ירפ"א, וקולונל ד"ר ויליאם נלסון

<sup>b</sup> מאמר מאת ד"ר ח' קוגל ועמיתיו המציג גרסה מעמיקה ומפותחת של הגישה המותאמת-אירוע ברפואה המשפטית יתפרסם בגיליון הקרוב של "הרפואה הצבאית".

יכולות דיגיטליות מתקדמות המאפשרות זיהוי ביומטרי ואיתור חללים מרחוק.

### טכנולוגיות חדשות ברפואה הצבאית

המושג נפתח בסקירת פרויקטים לפיתוח טיפולים מתקדמים וטכנולוגיות חדשניות ברפואה צבאית, המאפשרים שיפורים פורצי דרך במוכנות לאתגרים העיתידיים הרבים העומדים בפני חיל הרפואה. סא"ל ד"ר אריאל פורר, ראש ענף חדשנות רפואית במפקדת קצין הרפואה הראשי, שהציג את הסקירה, ציין את שיתופי הפעולה הרבים שהוא מקדם בין הענף שבראשו הוא עומד לבין ארבעת מכוני המחקר הצבאיים בישראל: המכון למחקר ברפואה ימית (מר"י), היחידה לרפואה אווירית (ירפ"א), המכון לרפואת הלוחם (הלר) והמכון למחקר ברפואה צבאית שבאוניברסיטה העברית בירושלים (IRMM).

סא"ל (מיל) פרופ' דוד גרץ חתם את הרצאות המושב בהצגת החשיבות וההתקדמות בפיתוח יכולת זיהוי חללים וקביעת חיות מרחוק באמצעות מערכת דיגיטלית הכוללת כלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מ, unmanned drones).

להלן מובא המאמר "כלי טיס בלתי מאוישים לזיהוי חללים ולקביעת חיות, במצבי עבירות מוגבלת ובאסונות המוניים", המספק סקירה תמציתית אך מעמיקה של התחום.

### לוגיסטיקה מתקדמת: טיפול בשרידים אנושיים המזוהמים בגורמים רדיולוגיים, ביולוגיים או כימיים

הקולונל ד"ר לואיס פינלי פתח את המושב בדיווח על מצב ההיערכות של משרד ההגנה האמריקני לקליטת שרידים מזוהמים מאירועי אב"ד. ד"ר פינלי הדגיש כי עדיין קיימים פערים כלל-עולמיים ניכרים בתחום זה, וכי מאז מלחמת המפרץ הראשונה שרידים מזוהמים טופלו באמצעות קבורה זמנית לאחר נטילת גימות רקמה חיונית. הוא עדיין לא מכבר התקיים דיון מעמיק בנושא במשרד ההגנה בשיתוף נציגי AFMES. המלצות הפרוורם כללו שיטות טיהור ועדכניות (contamination remediation) ואריזה מתקדמת. פינלי הציג את ה-Mortuary Affairs Contaminated Site (MACRMS) - מתקן ייעודי לטיפול בשרידים מזוהמים, שעיצובו מאפשר להקימו בכל שטח, לפי הצורך. הלקחים מתרגול קליטת מזוהמים במתקן MACRMS, כפי שהציג הקולונל פינלי, ניתנים ליישום מבצעי גם בישראל.

בהמשך, ניתח סא"ל (מיל) ד"ר אריק אייזנקרפט מענף רפואת אב"ד הן את האיום הפוטנציאלי על האוכלוסייה האזרחית והן את הפערים הניכרים עדיין ביכולת זיהוי החללים במצבים אלה. ד"ר אייזנקרפט, המכהן גם כראש מדור אב"ד במכון למחקר ברפואה צבאית (IRMM), הציג את הידע העדכני בתחום החומרים ושיטות טיהור השרידים במבחר מצבים, והדגיש את חשיבות פיתוחן של

## כטב"מים לזיהוי חללים ולקביעת חיות, במצבי עבירות מוגבלת ובאסונות המוניים

### מבוא

מוכנות המערכת לזיהוי חללים בעת אסונות המוניים היא אתגר כלל-עולמי. כשהיקף האירוע ומספר הקרבנות הם מעבר ליכולות הטיפול של הרשות האחראית בתוך פרק זמן סביר, הרי שאתגר זה נותר בלא מענה משיביע רצון.

הבעיה העיקרית שכל מדינה מתמודדת עמה בתחום זה היא מיעוט כוח אדם מיומן בתחום הזיהוי הרפואי והפתולוגיה הפורנזית, לצד שירותי מעבדה מוגבלים ביחס להיקף הנדרש. מעבר לכך, קיימת בעיית העבירות לשטחי אסונות - בעיה קשה במיוחד, שעלולה למנוע קביעת חיות וזיהוי הקרבנות בפרק זמן סביר. מצבי עבירות מוגבלת או בלתי אפשרית לשטח ניתנים לסיווג בארבע קטגוריות עיקריות: שטח אש חיה, התקפת אב"ד, אסון טבע קיצוני הכולל הרס תשתית נרחב וכן אירוע רב-נפגעים קיצוני הפרוש על פני שטח נרחב.

בהקשר זה, בולטת בשנים האחרונות התקדמות עצומה בשימוש בכלי טיס בלתי מאוישים (כטב"מים) לקשת רחבה של משימות, הן במגזר הצבאי והן באזרחי. תעשיית הכטב"מים חדרה בקצב מסחרר לתחומים מסחריים, מבצעיים ומדעיים. בעולם הרפואה, השימוש בכטב"מים מוביל מהפך בתחומי הטיפול בשלב טרום בית החולים, ומאפשר סיוע רפואי באזורים שבעבר היו בלתי נגישים לחלוטין עבור שירותי רפואה.

סא"ל (מיל) דוד גרץ<sup>1,2</sup>, רס"ן (מיל) דין נחמן<sup>3,2</sup>, סא"ל (מיל) אריאל פורר<sup>4</sup>, סא"ל (מיל) חן קוגל<sup>5</sup>, רס"ן אריאל הירשהורן<sup>6</sup>, אל"ם (מיל) רם שגיא<sup>6</sup>, רס"ן וופי חמד<sup>7</sup>, אל"ם חגי פרנקל<sup>8</sup>, סא"ל (מיל) אריק איזנקרפט<sup>9</sup>, תא"ל טריף בדר<sup>9</sup>

<sup>1</sup> המסלול הצבאי לרפואה "צמרת", הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה העברית בירושלים

<sup>2</sup> המכון למחקר ברפואה צבאית (IRMM), הפקולטה לרפואה של האוניברסיטה העברית בירושלים וחיל הרפואה, צה"ל

<sup>3</sup> מחלקת פנימית א', המרכז רפואי הדסה עין כרם, ירושלים

<sup>4</sup> חיל הרפואה, צה"ל

<sup>5</sup> המרכז הלאומי לרפואה משפטית, תל-אביב יפו

<sup>6</sup> המרכזים הרפואיים בילינסון והשרון, מרכז רפואי רבין, פתח תקוה

<sup>7</sup> המדור לזיהוי רפואי, חיל הרבנות הצבאית, צה"ל

הפרויקט הנוכחי, המרחיב עוד יותר את פוטנציאל הכטב"מים ברפואה, מכוון למתן מענה לקביעת חיות וזיהוי חללים באמצעים דיגיטליים מרחוק, במצבים של עבירות מוגבלת לשטח.

### היערכות

מבחינה רעיונית, המשימה הייתה לפתח מערכת דיגיטלית אינטראקטיבית בעלות נמוכה, שתעמוד בסטנדרטים בין-לאומיים

<sup>c</sup> לסקירה מקיפה על השימוש בכטב"מים בשלב טרום בית החולים, ר' מאמרנו The Promising Future of Drones in Prehospital Medical Care and its Application to Battlefield Medicine, The Journal of Trauma and Acute Care Surgery-1, פברואר 2019 [1].

המידע ועיבוד הנתונים, ממשק לדרגים הרלוונטיים לניהול האירוע. תפעול המערכת ידרוש גם שיתוף פעולה עם הגורמים האחראיים על תחום הרפואה המשפטית כדי לוודא את רמת הדיוק הנדרשת ואת קבילותו המשפטית של המידע הנאסף.

לקראת יישום הטכנולוגיה תיערך תצוגת תכלית בשני שלבים: תחילה לכלל צוות הפרויקט, ולאחר תהליך הפקת לקחים - בפני דרג הפיקוד במסגרת תרגיל צבאי מובנה מלא. הלקחים משני השלבים ייושמו לקראת פיתוח מתקדם, מחקר נוסף לפי הצורך ותהליכי יישום מבצעי בשטח.

### שיתוף פעולה

תחום השימוש בכטב"מים לצורך זיהוי וקביעת חיות נדון לעומק בכנס "שורש" 2019 בקבוצת העבודה "זיהוי רפואי ופיתולוגיה פורנזית צבאית" - Identification of Victims of Mass Casualty Events (IVMCE) Working Group (COL Dr.) לואיס פינלי (Louis Finelli, US), ראש הזיהוי הרפואי בצבא ארה"ב (Armed Forces Medical Examiner), וסגניתו - לוטננט קולונל ד"ר אליס ברינס (LTC Dr. Alice Briones).

הוסכם על דעת שני הצדדים לדיון במושב לקדם לאתגר שיתוף פעולה ישראלי-אמריקני במגמה לבדוק את ההיתכנות ליישום בשטח של הטכנולוגיות המתקדמות לזיהוי, כפי שהוצגו.

### סיכום

למערכת יש יכולת לזהות חללים בתנאי שטח קשים ועבירות מוגבלת בלי לסכן את חייהם של צוות האיסוף וחוקרי הזיהוי. יתרה מכך, למערכת תהיה יכולת להתממשק עם חיישנים פיזיולוגיים מודבקים המאפשרים קביעת חיות, ובמצבים שמדובר בפצוע - לדעת מה מצבו הבסיסי. מדובר במידע חיוני המאפשר לצוות הרפואי הראשוני לקבוע את אופי ההתערבות הנדרשת ומידת דחיפותה. בתוך כך, המערכת תשפר באורח ניכר את רמת המוכנות לאסונות המוניים הפרושים על פני שטח נרחב ואת היכולת לטפל באירועים רבי-נפגעים שהיקפם גדול מיכולתם של חוקרי הזיהוי לספק מענה הולם בפרק זמן סביר, בהינתן השיטות הקונבנציונליות. יתרה מכך, למערכת תהיה יכולת לקלוט נתונים בזמן אמת הקשורים למיקומו של חייל שנחטף מהשטח, לזיהוי ולחיותו, וכך לספק מידע חיוני בעל ערך וחשיבות אסטרטגית לאומית עליונה.

מקובלים של תחום זיהוי החללים והרפואה המשפטית. לצורך המשימה, הוקם צוות רב-תחומי מהמכון למחקר ברפואה צבאית (IRMM), המשותף לפקולטה לרפואה של האוניברסיטה העברית ולחיל הרפואה, וכן צורפו אנשי מחקר ופיתוח מהמרכז הלאומי לרפואה משפטית.

### מרכיבים עיקריים

מרכיבי האב-טיפוס הראשון של מערכת הזיהוי הדיגיטלית הם: (1) תג אלקטרוני מוצפן המוטמע בגוף החייל - בכפוף להחלטה מבצעית בדרג הפיקודי וליכולת אבטחת מידע מוכחת; (2) קורא בלוטות'; (3) מערכות הדמיה מתקדמות ברזולוציה גבוהה לקליטת מידע חיוני ביומטרי של החלל והשטח; (4) מודם תקשורת להעברת מידע דיגיטלי מוצפן; (5) מעבד מרכזי; (6) עמדת בקרה מרכזית בעורף לצורכי פיקוד, תפעול ושליטה. בדגמים מתקדמים יותר יוצדו כטב"מ הזיהוי בזרוע לשליטה מרחוק המסוגלת, לאחר הנמכת טוס, ליטול דגימת עפר ועצמים רלוונטיים אחרים מהשטח, ואפילו דגימת רקמה לבדיקה מעבדתית.

### הצעדים הנדרשים ליישום

- כדי להגיע לאב-טיפוס מקובל ועובד נדרשות הפעולות האלה:
1. קביעת סוג המידע החיוני לאיסוף, ובכלל זה קביעה של שיטת ההצפנה (המידע עצמו לא צריך להיות נגיש על גבי התג).
  2. קביעת סוג התג או השבב, מקרב סוגים רבים שקיימים, מספרם ומקום ההטמעה.
  3. קביעה של שיטת הסייבר שתאפשר הסתת המידע ותמנע מגורם זר לאתר את מיקום השידור.
  4. קביעת מערכת קליטה ושידור ה-on-board היעילים והמתאימים ביותר להעברת המידע מהתג לתחנת הבקרה המרכזית.
  5. בחירת מערכות ההדמיה המתאימות לפי קריטריונים של יכולות ומהירות.
  6. קבלת החלטה על הצורך, לרבות שיקולי עלות-תועלת, בפיתוח ובהרכבה של זרוע ייעודית לדגימת עפר, בגדים, רקמות ועצמים רלוונטיים אחרים.
  7. קביעת הדרישות הקשורות לתחנת הפיקוד והבקרה המרכזית.
- משימות בתחנת הבקרה הקשורות לקבלת החלטות מבצעיות ומקצועיות בזמן אמת כוללות קביעת תהליך וערוצי קבלת החלטות על שידור הכטב"מים, פיקוד ושליטה על הטיסה, קליטת

### מקורות

1. Braun J, Gertz SD, Furer A, Bader T, Frenkel H, Chen J, Glassberg E, et al. The Promising Future of Drones in Prehospital Medical Care and its Application to Battlefield Medicine. J Trauma Acute Care Surg 2019; Feb 13. doi: 10.1097/TA.0000000000002221. [Epub ahead of print].

**תודות:** העבודה נתמכה חלקית במימון קרן Alexander Grass למחקר ברפואה צבאית של האוניברסיטה העברית בירושלים.

סא"ל (מיל) פרופ' דוד גרץ הוא יועץ קרפ"ר לזיהוי רפואי. ראש המסלול הצבאי לרפואה ("צמרת"), מנהל המכון למחקר ברפואה צבאית (IRMM), ופרופסור ע"ש ברנדמן למחלות לב וריאה, הפקולטה לרפואה, האוניברסיטה העברית בירושלים סא"ל (מיל) ד"ר חן קוגל הוא יועץ קרפ"ר לרפואה משפטית ומנהל המכון הישראלי לרפואה משפטית סא"ל (מיל) ד"ר אריק אייזנקרפט משמש גם כקצין מילואים בענף רפואת אב"ך. מקרפ"ר תא"ל ד"ר טרף בדר הוא קצין הרפואה הראשי של צה"ל