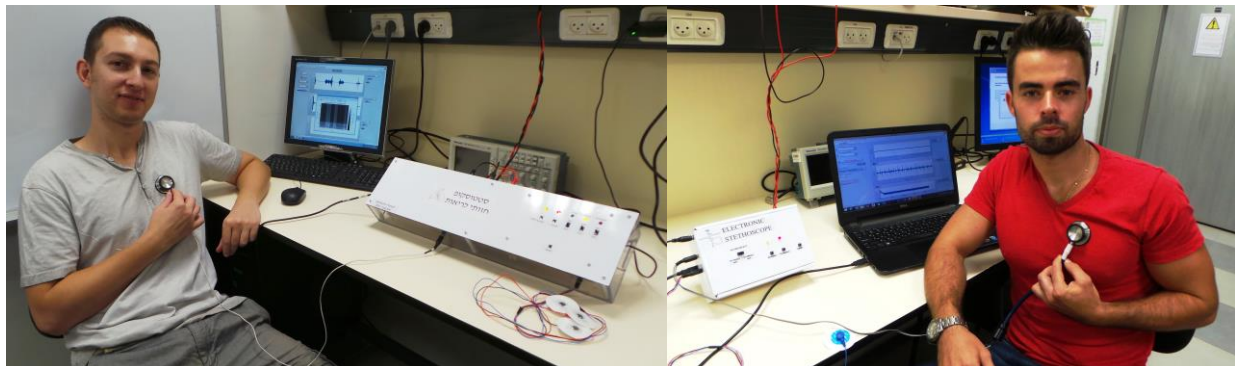


## בדרך לפטנט חדש: סטטוסקופ – לא לרופאים בלבד

מקצועות חופשיים רבים מאופיינים בכלי עבודתם. כמו שהפטיש בבית הדין מקושר לדיין והמחבת לטבח, כך גם הסטטוסקופ, או תרצו, המְסֶקֶת, מיוחס לרופא. מי שביקר מימיו בבית חולים וודאי היה עד למחזה של האיש בחלוק הלבן אשר לצווארו סטטוסקופ. נוכחותו של הסטטוסקופ, שפותח לראשונה לפני כ-150 שנים וכמעט לא השתנה מאז, איננה מובנת מאליה בעידן שבו ההתפתחויות הטכנולוגיות בעולם הרפואה הן חסרות תקדים; חשיבותו ככלי עזר לרופא, נותרה בעינה ולא בכדי רופאים מקפידים להסתובב איתו כשהוא תלוי על צווארם, "מתהדרים" בו כבמעין סמל סטטוס. חשיבותו נובעת מכך שבבדיקה פשוטה הסטטוסקופ פותח לרופא צוהר לקולות הרוחשים בגופו של המטופל ונותן לו מושג ראשוני וחינוכי על מצבו.

ובכל זאת, בימים אלה יש מי שקוראים תיגר על הסטטוסקופ המסורתי ומבקשים להעלות אותו כיתה. **דימה בלנובסקי ומיכאל מודילבסקי** סיימו לאחרונה את לימודיהם במחלקה להנדסת חשמל ואלקטרוניקה של המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה. במחלקה זו, כבמחלקות אחרות במכללה, המסלול לקבלת תעודת מהנדס חייב לעבור דרך פרויקט גמר, שמטרתו לאפשר לבוגרים להביא לידי מימוש את כל הידיעות שרכשו בתקופת לימודיהם. מתוך מגוון הרעיונות שהוצעו להם דימה ומיכאל בחרו להתמודד עם משימה מאתגרת במיוחד שהציע להם המרצה שלהם, **שמעון פיטלסון**: לחדש ולשכלל את הסטטוסקופ המסורתי, כך שכל אחד מאתנו, גם אם הוא לא רופא, יוכל להשתמש בו באופן עצמאי, לקבל אינדיקציות חיוניות על מצבו, להעביר כמעט בזמן אמיתי לרופא שיידע לפענח את התוצאות, וכל זה בלי לצאת מהבית. נשמע דמיוני? לא כשרואים את המוצרים שדימה ומיכאל פיתחו – הסטטוסקופ הדמיוני הזה הפך למציאות.



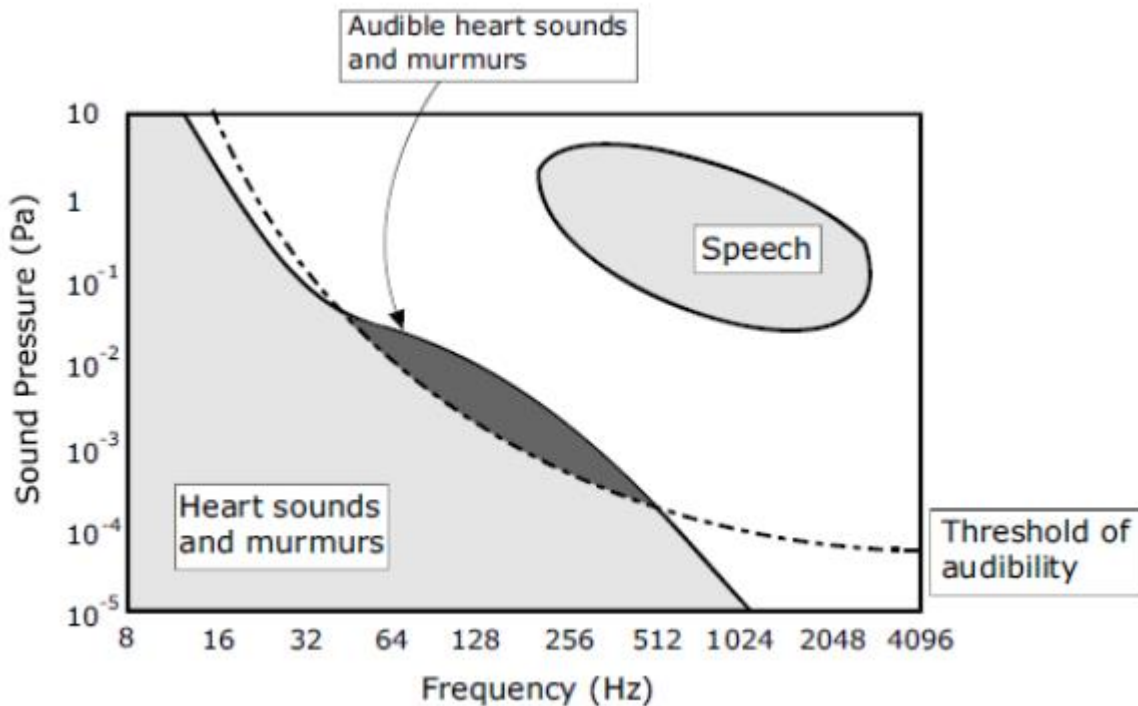
**מיכאל מודילבסקי (מימין) ודימה בלנובסקי מציגים את הסטטוסקופים המהפכניים שפיתחו**

דימה ומיכאל עבדו באופן נפרד זה מזה, כל אחד על פרויקט הגמר שלו: דימה פיתח **סטטוסקופ אלקטרוני חזותי לריאות** ומיכאל **סטטוסקופ אלקטרוני חזותי ללב**. אך עם זאת, הדמיון בין הפרויקטים ניכר בטכנולוגיה שלהם וביעדים שהוגדרו. המטרה הייתה להפוך את הסטטוסקופ המכני, הישן והמוכר, לאלקטרוני, לכזה שיוודע לא רק להאזין, אלא גם להציג בצורה ברורה את אשר הוא שומע. ובכן, בפני דימה ומיכאל ניצב עתה אתגר לא פשוט מבחינה הנדסית-טכנולוגית, אבל בסופו של יום הם יכלו לו.

"כשהמורכבות עולה זה כבר לא מספיק לבחור רעיון ומיד להתחיל לעבוד", מסביר דימה. "בסופו של דבר מדובר בתחום רפואי ואנחנו המהנדסים מחוסרי הכשרה וידע בתחום זה. עוד לפני שהתחלנו לתכנן

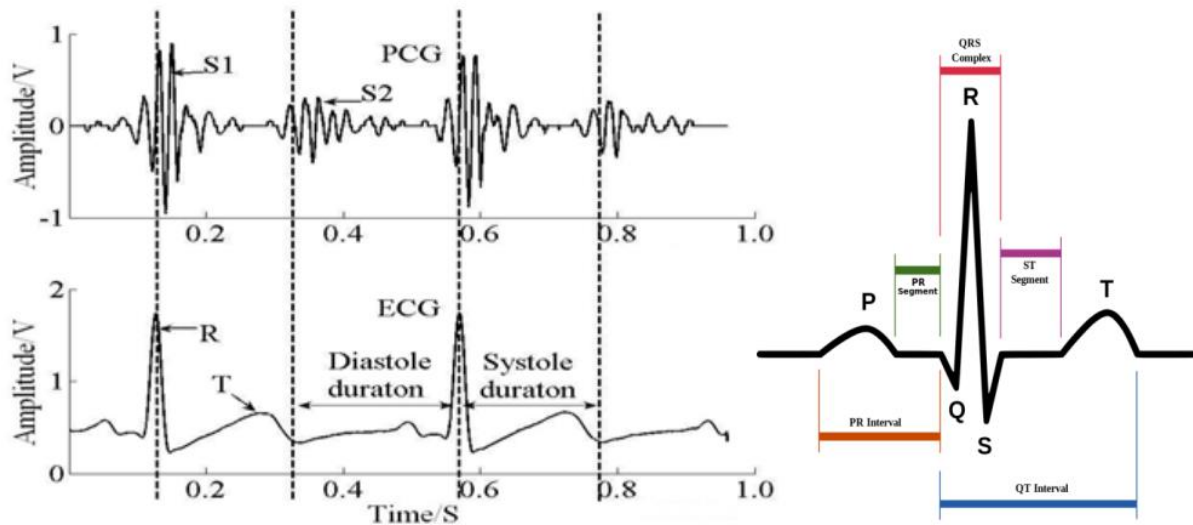
ולעבוד על הפרויקט הקדשנו כחודש לטובת חקירה יסודית של עולם הרפואה בדגש על איתור וזיהוי מצבי חירום רפואיים לבביים וריאתיים. בנוסף, וכנהוג לפני פיתוח כל מוצר חדש, עשינו סקר שוק וקראנו מחקרים בתחום. כך הבנו שמדובר ברעיון תקדימי ושאינו בשוק עוד מוצר כזה, שיודע להראות את מה שהוא שומע וגם לתת אבחון".

הסטטוסקופ, כאמור, הוא אמצעי מכני שבעזרתו הרופא יכול לשמוע אותות שמבוססים על גלים שיוצרים איברים כמו לב וריאות, הנמצאים בפעילות מתמדת ולפיכך האתגר הראשון היה למצוא דרך שתאפשר להתקן "לשמוע" גלים אקוסטיים ולהמירם באותות חשמליים, כאלה שניתנים לתיאור גרפי כדוגמת פלט א.ק.ג. שיכול ללמד את הרופא על מצב המטופל. "הצלחנו ליצור סטטוסקופ חשמלי שמחובר למערכת לעיבוד אותות, וההתקן הזה יודע לעשות שני דברים: גם 'לשמוע' תדרים שאוזן האדם אינה מסוגלת לשמוע וגם להציגם באופן גרפי", אומר מיכאל. "עם זאת, התכנה לא יודעת לפרש את התוצאות או להפעיל 'שיקול דעת', אבל זה גם לא תפקידה. בשביל זה יש את הרופאים ובפרט הקרדיולוגים, שבמוצר העתידי יוכלו לקבל את הנתונים כמעט און-ליין למחשב ובמידת הצורך לזמן את הנבדק לבדיקה מעמיקה יותר בבית החולים".



**טווח התדרים מסך הקולות שהאוזן האנושית שומעת (בצבע כהה)**

אחת הבדיקות הידועות והרלוונטיות ביותר כשמדובר על פעילות לב-ריאות היא בדיקת ה-א.ק.ג. (ECG). כאמור, בבדיקה זו מכשיר ה-א.ק.ג. מפיק גרף, מדפיס אותו על גבי דף ואז הרופא יכול לבחון אותו, לאבחן את המצב הרפואי בו שרוי המטופל ולהתאים לו את הטיפול הנחוץ. דימה ומיכאל יצרו מערכת שפועלת באופן דומה לזו של הא.ק.ג. מבחינה טכנולוגית, אבל בשונה ממנה, המערכת שלהם אינה מפיקה פלט מודפס אלא גרף ממוחשב שנשמר כקובץ אודיו דיגיטלי שבצדו גרף ויזואלי שניתן לניתוח. "הצלבת נתונים רבים מאפשרת לרופאים להגיע לדיוק רב יותר בעת האנליזה הרפואית שהם עושים", אומרים הוגי השיטה.



### קולות הלב לצד הא.ק.ג.

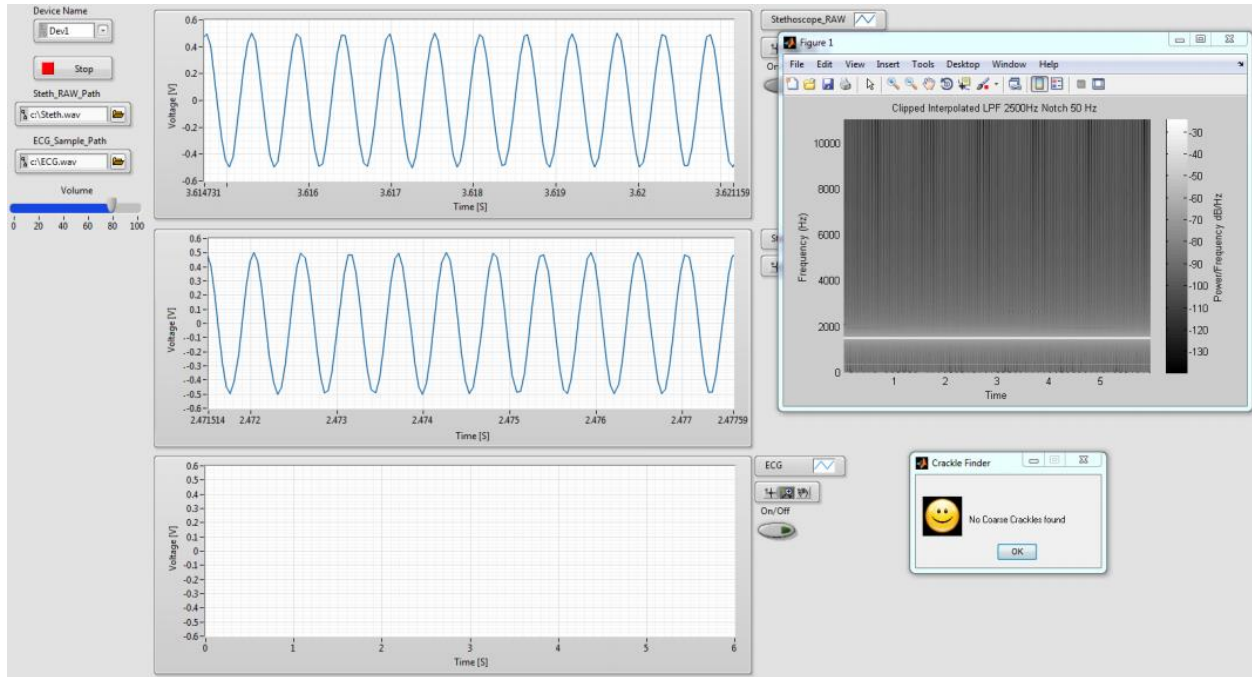
לדבריהם, יתרון נוסף של הסטטוסקופים החשמליים שפיתחו נובע מהפשטות שבהפעלתו: "כיום, כדי לבצע בדיקת א.ק.ג. על המטופל להגיע לצוות רפואי או לחילופין לקרוא לצוות רפואי אליו וזאת מכיוון שאין מכשירי א.ק.ג. לשימוש ביתי ומה גם שהפעלתו דורשת ידע רפואי. הסטטוסקופים שלנו יכולים לשנות את המציאות הזאת, כי הם יאפשרו לכל מטופל שירכוש אותם לבדוק את עצמו – את היתר המערכת תעשה כבר באופן עצמאי, כולל שידור האותות שיתקבלו לכל תחנה שתוגדר, מרוחקת ככל שתהיה, לכל רופא בכל מקום".

כאמור, למרות שהפרויקטים של דימה ומיכאל עומדים בפני עצמם, מבחינת הטכנולוגיה שלהם הם דומים מאוד. השוני המהותי ביניהם מתבטא באלגוריתמים אשר מפענחים את האותות השונים הנקלטים מהלב ומהריאות ונותנים אינדיקציה למחלות או לליקויי תפקוד. כך, למשל, המערכת שתכנן מיכאל יודעת לזהות אוושה של שסתומי הלב, בעוד שהאלגוריתמים שפיתח דימה יודעים לזהות נשימה מחרחרת, או מצפצפת.

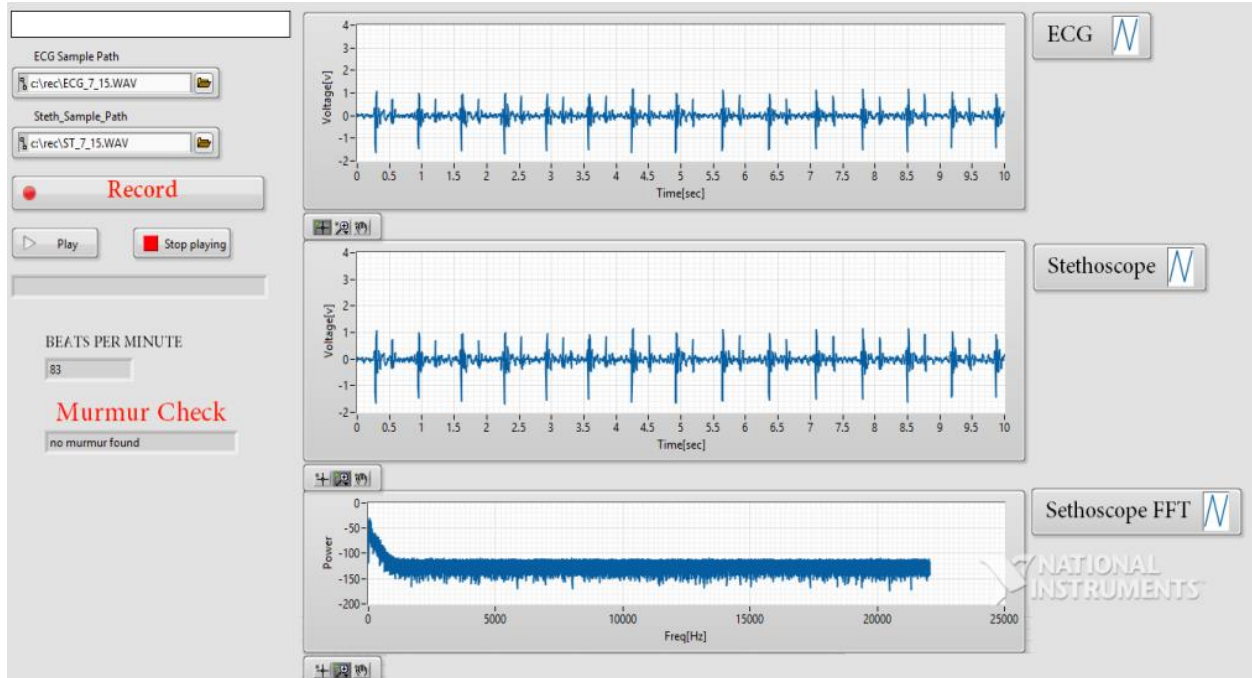
"התחלנו את הפרויקטים שלנו מאפס, וכל רכיב וחשוב נעשה על ידינו עד הסוף", משחזר דימה. "הפרויקטים האלה משלבים בתוכם ידע בתחומים של אלקטרוניקה ספרתית, עיבוד אותות, תכנות, תקשורת ועוד. ברור שלא יכולנו להצליח בפרויקטים כאלה אם לא היה לנו הבסיס ההנדסי שקיבלנו במהלך הלימודים במכללה. בנוסף, יש לא מעט נושאים וידיעות שנדרשנו ללמוד בכוחות עצמנו מספרות מקצועית, פורומים ומקורות ידע אחרים ואין ספק שיצאנו נשכרים מכל התהליך הזה".

הסטטוסקופים שפיתחו מבוססים על טעינת מידע קיים אל תוך המערכת וניתוחו ובשלב זה לא על נתוני מטופלים אמיתיים, אבל לטענתם די היה בנתונים שהזינו כדי לספק אנליזות שמצביעות על כך שהמערכת עובדת, שהיא מהימנה ומסוגלת לאבחן מחלות וליקויי תפקוד שונים ביחס לנורמה התקינה. "צריך להבין שהיו לנו רק כשלושה חודשים וחצי לתכנן ולבצע את הפרויקט, וזה נעשה במקביל למקצועות אחרים שלמדנו במהלך הסמסטר. אם הייתה לנו שנה שלמה לפתח את המוצר היינו מגיעים לאב טיפוס ברמה גבוהה הרבה יותר", אומר מיכאל ומביע אמונתו שיש לרעיונות שלהם פוטנציאל מסחרי, החל משיתוף פעולה בין המכללה לבתי חולים וכלה ביצירת מוצר סופי שיוכל בעתיד להימכר לציבור הרחב.

"זה דבר אחד לשבת בכתה וללמוד את התאוריה וזה דבר אחר להתנסות בפועל", מסכמים השניים את תקופת הלימודים במכללה. "פרויקט הגמר שעשינו היה עבורנו אתגר משמעותי, שחייב אותנו להשתמש במרבית הידע שרכשנו במהלך הלימודים לתואר וזה נותן לנו סיפוק עצום. אנחנו כמובן רוצים להודות לכל מי שסייע לנו ובפרט להנחיה הצמודה והמשובחת שזכינו לה משמעון פיטלסון, שבלעדיו הפרויקטים שלנו לא היו רואים אור".



**המסך הראשי של המערכת שדימה תכנן לעיבוד אותות מהסטטוסקופ החזותי ללב**



המסך הראשי במערכת שמיכאל תכנן לסטטוסקופ החזותי לריאות