

מעבדה במכשור

הנדסה ביורפואית

מגישים :

נדב אמיתי

יובל כסיף

סול אמארה

תאריך :

30.05.2022

תוכן עניינים:

1	תקציר:	3
2	ניסויים:	4
2.1	ניסוי 1 : מדידת לחץ דם במכשיר ידני	4
2.1.1	היפותזה :	4
2.1.2	מתודולוגיה :	4
2.1.3	תוצאות :	4
2.1.4	מסקנות :	4
2.2	ניסוי 2 : השפעת גובה המדידה על לחץ הדם	5
2.2.1	היפותזה :	5
2.2.2	מתודולוגיה :	5
2.2.3	תוצאות :	5
2.2.4	מסקנות :	9
2.3	ניסוי 3 : השפעת גודל השרוול על מדידת לחץ הדם	10
2.3.1	היפותזה :	10
2.3.2	מתודולוגיה :	10
2.3.3	תוצאות :	10
2.3.4	מסקנות :	11
2.4	ניסוי 4 : השפעת הפזיולוגיה על לחץ הדם	12
2.4.1	היפותזה :	12
2.4.2	מתודולוגיה :	12
2.4.3	תוצאות :	12
2.4.4	מסקנות :	13
2.5	ניסוי 5 : מדידת לחץ דם באמצעות מערכת BIOPAC	14
2.5.1	היפותזה :	14
2.5.2	מתודולוגיה :	14
2.5.3	תוצאות :	14
2.5.4	מסקנות :	24
3	מסקנות כלליות	25
4	מקורות	27
5	נספחים	28

1 תקציר:

במעבדה זו הכרנו את תכונות לחץ הדם ואת מאפייני המכשירים השונים בהם ניתן לבצע את המדידה. למדנו ויישמנו את האלגוריתמים למציאת לחץ הדם בשיטת האוסילציות ובשיטת צלילי קורטוקוף כפי שמבוצע במכשירים השונים וגם ביצענו מדידה תוך שמיעה של צלילי קורטוקוף באמצעות סטטוסקופ. בשל כך, ישנה חשיבות רבה למעבדה זו שכן התנסינו וכך הבנו בצורה עמוקה יותר את אופן פעולת המכשירים. כמו כן ערכנו השוואה בין מכשירי המדידה ובין מצבים שונים בהם ניתן לבצע את המדידה. ראינו כי ישנה חשיבות לגודל השרוול, וחוסר התאמה בגודל תוביל למדידה שגויה. עבור השרוול הקטן קיבלנו הערכת חוסר בלחץ הסיסטולי והערכת יתר בלחץ הדיאסטולי, בעוד שבשרוול הגדול קיבלנו הערכת חוסר בשני המקרים. גורם נוסף שבדקנו הינו השפעת גובה המדידה על תוצאות הבדיקה. הסקנו כי כאשר מודדים מעל גובה הלב תהיה הערכת חוסר ומתחת לגובה הלב הערכת יתר. כמו כן, בחנו את השפעת מאמץ גופני על לחץ הדם וראינו כי ישנה עליה בלחץ בעת מאמץ. הבדיקות השונות שביצענו יעזרו לנו להבין בצורה טובה יותר את פעולת מדידת לחץ הדם ויאפשרו לנו לבצע את המדידה בצורה נכונה ללא הטיה הנובעת מהגורמים השונים שבדקנו.

2 ניסויים:

2.1 ניסוי 1: מדידת לחץ דם במכשיר ידני

2.1.1 היפותזה:

בניסוי זה נמדוד לחץ דם בצורה ידנית, בעזרת סטטוסקופ, שרוול מתנפח ומד לחץ. ראשית נצפה שיהיה קשה לזהות את רעשי קורטוקוף שכן מדובר באוזן האנושית והמעבדה אינה שקטה. בנוסף גם לזיהוי נכון קיים דילאי של זמן תגובה של האדם המודד.

2.1.2 מתודולוגיה:

מכשור וציוד: שרוול מתנפח, מד לחץ וסטטוסקופ.

מהלך הניסוי: הושבנו את חבר הקבוצה על כיסא, הלבשנו עליו את השרוול עם הסטטוסקופ, ניפחנו את השרוול עד ללחץ של 160 mmHg, לאחר מכן שיחררנו לאט את הלחץ עד שהתחלנו לשמוע את צליל קורטוקוף הראשון ובנקודה הזאת רשמנו את הלחץ הסיסטולי. כאשר צליל זה הפסיק רשמנו את הלחץ הדיאסטולי. חזרנו על הניסוי 3 פעמים לכל חבר קבוצה.

2.1.3 תוצאות:

טבלה 1 - תוצאות הבדיקה הידנית

נבדק 1	נבדק 2	נבדק 3
120/80 mmHg	115/90 mmHg	125/82 mmHg
120/80 mmHg	113/82 mmHg	132/84 mmHg
110/80 mmHg	113/85 mmHg	125/90 mmHg

טבלה 1 מתארת את מד הלחץ דם עבור כל אחד מחברי הקבוצה, ניתן לראות כי התוצאות עבור כל נבדק יחסית יציבות. ניתן לראות כי הסטייה הגדולה ביותר בלחץ הסיסטולי היא בנבדק 1 עבורו יש סטייה של 10 mmHg, והסטייה הגדולה ביותר בלחץ הדיאסטולי בנבדק 2 ו3 היא 8 mmHg.

2.1.4 מסקנות:

בניסוי זה ראינו שימוש בצורת בדיקה ידנית של לחץ דם בעזרת סטטוסקופ, שרוול מתנפח ומד לחץ. כאשר התנסנו בצורת מדידה זו ראינו כי זיהוי הקול הראשון של קורטוקוף הוא קשה מאוד לזיהוי בדיוק גבוה, שכן בעקבות הרעש במעבדה אינך בטוח אם מדובר ברעש או בצליל הרצוי. אך נראה שלמרות הרעש הצלחנו להוציא בדיקות בעלות שונות נמוכה לכל נבדק. את מהימנות המכשיר לא ניתן לבדוק שכן ערכי לחץ הדם האמיתיים של כל נבדק לא נתונים.

2.2 ניסוי 2: השפעת גובה המדידה על לחץ הדם

2.2.1 היפותזה:

בניסוי זה נמדוד את ערכי לחץ הדם בשלושה מצבים שונים: מעל הלב, בגובה הלב, מתחת ללב. כפי שראינו בדוח המכין, נצפה שבמדידות מעל גובה הלב נקבל הערכת חוסר בשל התנגדות הדם לכוח הכבידה. כמו כן, נצפה שבמדידות מתחת לגובה הלב נקבל הערכת יתר.

2.2.2 מתודולוגיה:

מכשור וציוד: מכשיר OMRON

מהלך הניסוי: בניסוי זה מדדנו את לחץ הדם בשלושה מצבים שונים עבור שלושה נבדקים. הנחנו את מכשיר ה-OMRON על פרק כף היד ולחצנו על כפתור ההפעלה. עבור הנבדק הראשון מדדנו שלוש פעמים את לחץ הדם כאשר היד מוחזקת מעל גובה הלב, לאחר מכן שלוש פעמים כאשר היד מוחזקת בגובה הלב ולאחר מכן שלוש פעמים כאשר היד מוחזקת מתחת לגובה הלב. חזרנו על הניסוי עבור שני הנבדקים הנוספים בסדר אחר.

2.2.3 תוצאות:

התוצאות שהתקבלו מהמדידות מוצגות בטבלאות הבאות:

טבלה 2 - תוצאות הניסוי

מרחק מגובה הלב [cm]	מדידה 3 [mmHg]	מדידה 2 [mmHg]	מדידה 1 [mmHg]		
+45	100/50	94/49	70/40	מעל גובה הלב	נבדק 1
-	120/81	118/78	135/78	בגובה הלב	
-40	171/104	161/115	178/110	מתחת גובה הלב	
+35	122/52	124/66	114/62	מעל גובה הלב	נבדק 2
-	171/102	172/92	176/87	בגובה הלב	
-50	231/147	235/145	228/146	מתחת גובה הלב	
+55	106/47	113/66	114/67	מעל גובה הלב	נבדק 3
-	118/68	123/70	128/85	בגובה הלב	
-50	146/109	163/114	145/108	מתחת גובה הלב	

טבלה זו מציגה את תוצאות הניסוי.

נציג את התוצאות חישוב מובהקות בעזרת מבחן ANOVA. נבחר ערך מובהקות של $\alpha = 0.05$:

טבלה 3 : חישוב קשר מובהק סטטיסטית בין לחץ הדם הנמדד לגובה המדידה

ערך p -value עבור לחץ סיסטולי	ערך p -value עבור לחץ דיאסטולי	
$8.893 \cdot 10^{-6}$	$4.238 \cdot 10^{-4}$	נבדק 1
$7.2762 \cdot 10^{-6}$	$1.2974 \cdot 10^{-7}$	נבדק 2
$9.9406 \cdot 10^{-4}$	0.0011	נבדק 3

מטבלה זו ניתן לראות כי כל הערכים קטנים מערך אלפא שבחרנו ולכן ניתן להסיק כי יש קשר מובהק סטטיסטית בין לחץ הדם למיקום גובה היד.

תשובה לשאלה 3 :

עבור שינוי גובה של 1 ס"מ נחשב את ההשפעה על הלחץ באמצעות שימוש במשוואת ברנולי :

$$P + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$$

בהנחה שמהירות הדם קבועה ו $\rho = 1060 \text{ kg/m}^3$ [1].

נחשב :

$$h_2 - h_1 = 1[\text{cm}] = 0.01 [\text{m}]$$

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v^2}{2} = P_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v^2}{2}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho g(h_2 - h_1) = 1060 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \cdot 9.82 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \cdot 0.01 [\text{m}]$$

$$= 104.09 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right] = 104.09 [\text{Pa}] = 0.78 [\text{mmHg}]$$

כלומר ניתן להסיק כי שינוי של עלייה בגובה ב 1 ס"מ יביא לשינוי של ירידה בלחץ ב $0.78 [\text{mmHg}]$. תוצאה זו תואמת את הרקע התאורטי לפיו מדידה מעל גובה הלב תביא לירידה בלחץ הנמדד.

נחשב את הממוצע של הערכים בגובה הלב עבור הלחץ הסיסטולי והדיאסטולי לכל הנבדקים :

$$\bar{s} = \frac{135 + 118 + 120 + 176 + 172 + 171 + 128 + 123 + 118}{9} = 140.11$$

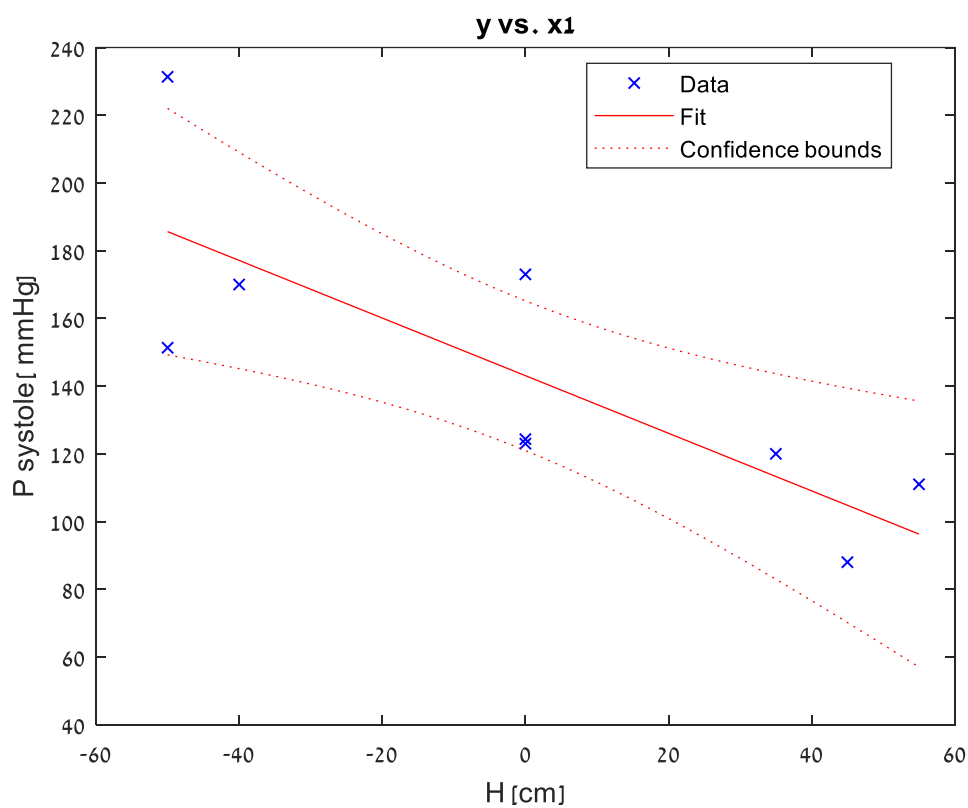
$$\bar{d} = \frac{78 + 78 + 81 + 87 + 92 + 102 + 85 + 70 + 68}{9} = 82.33$$

כלומר ההתאמה התאורטית שקיבלנו הינה :

$$P_s = -0.78 \cdot h + 140.11$$

$$P_d = -0.78 \cdot h + 82.33$$

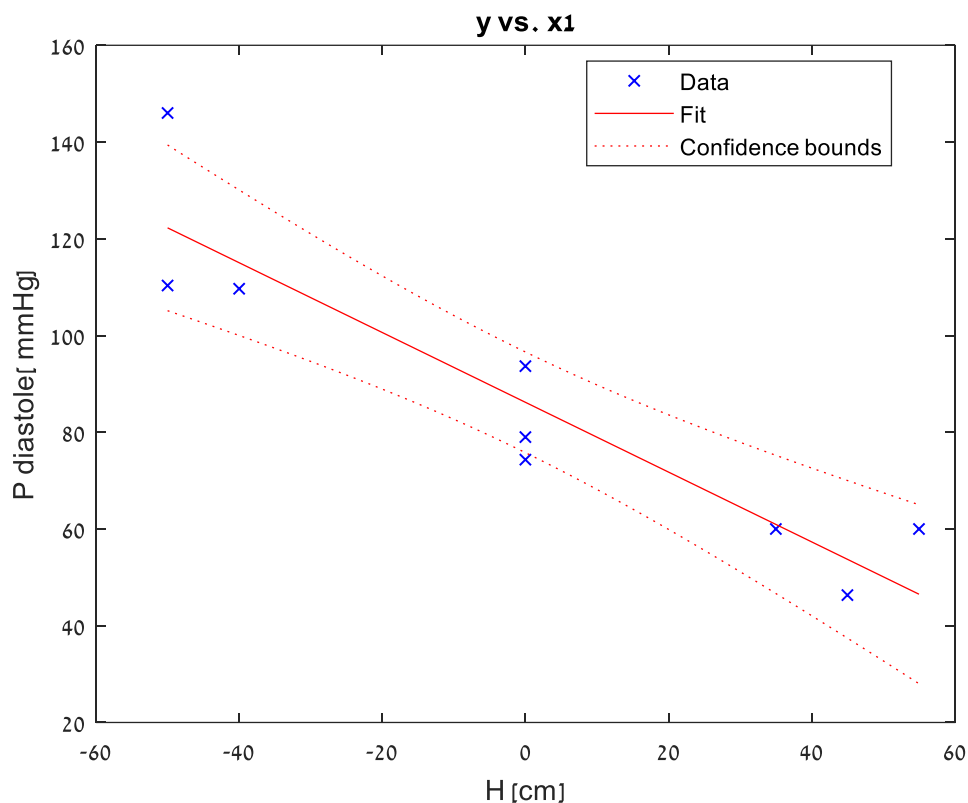
נבצע התאמה באמצעות פונקציית *fitlm* במטלאב :



איור 1 : התאמה לינארית ללחץ הסיסטולי

מאיור 1 ניתן לראות את ההתאמה הלינארית עבור הלחץ הסיסטולי של הנבדקים, הביטוי

שקיבלנו עבור התאמה זו הוא $P_s = -0.8507 \cdot h + 143.1$



איור 2: התאמה לינארית ללחץ הדיאסטולי

מאיור 2 ניתן לראות את ההתאמה הלינארית עבור הלחץ הדיאסטולי של הנבדקים, הביטוי

$$P_d = -0.7213 \cdot h + 86.1918$$

שקיבלנו עבור התאמה זו הוא

כמו כן, מאיורים 1,2 ניתן לראות כי רוב ערכי הדאטה נמצאים בטווח של ההתאמה הלינארית

ולכן ניתן להסיק כי התאמה זו יחסית טובה. נבדוק באמצעות חישוב השגיאה היחסית בין

המודלים שקיבלנו:

טבלה 4: חישוב השגיאה בין ההתאמה התיאורטית לחישובית

שגיאה		
$\frac{ -0.78 - (-0.8507) }{ -0.78 } \cdot 100\% = 9.064\%$	שיפוע	לחץ סיסטולי
	חיתוך עם ציר y	
$\frac{ 140.11 - 143.1 }{140.11} \cdot 100\% = 2.134\%$		
$\frac{ -0.78 - (-0.7213) }{ -0.78 } \cdot 100\% = 7.525\%$	שיפוע	לחץ דיאסטולי
	חיתוך עם ציר y	
$\frac{ 82.33 - 86.1918 }{82.33} \cdot 100\% = 4.691\%$		

מטבלה זו ניתן לראות כי השגיאה בכל המקרים קטנה מ-10% כלומר ניתן להסיק כי קיבלנו שגיאה קטנה יחסית ויש התאמה בין המודל התאורטי שחישבנו באמצעות משוואת ברנולי לבין המודל החישובי שהתאמנו לערכים באמצעות המטלאב.

2.2.4 מסקנות:

בניסוי זה בדקנו את ההשפעה של גובה המדידה על לחץ הדם. קיבלנו כי יש קשר מובהק סטטיסטית בין הגובה הנמדד לערך המדידה ובאמצעות משוואת ברנולי ראינו כי מדידה של 1 ס"מ מעל גובה הלב תוריד את הלחץ הנמדד ב-0.78 mmHg. תוצאות אלה תואמות את הרקע התאורטי לפיו מדידה מעל גובה הלב תניב תוצאה נמוכה יותר של לחץ הדם ומדידה מתחת לגובה הלב תניב תוצאה גבוהה יותר של לחץ הדם. את מסקנה זו ראינו גם מתוצאות הניסוי עבור הנבדקים השונים. כמו כן, ביצענו התאמה לינארית של גובה המדידה ותוצאות הלחץ וקיבלנו ביטוי לינארי בעל שגיאה נמוכה יחסית בין הערך התאורטי לערך החישובי ולכן ניתן להסיק כי התוצאות שלנו מהימנות.

2.3 ניסוי 3: השפעת גודל השרוול על מדידת לחץ הדם

2.3.1 היפותזה:

בניסוי זה נמדוד את לחץ הדם של אחד מחברי הקבוצה במד לחץ אלקטרוני עם שלושה שרוולים שונים. השוני בשרוולים הינו בגודלם. כפי שכתבנו בדו"ח המכין, נצפה כי עבור השרוול הקטן נקבל הערכת יתר, עבור השרוול הבינוני נקבל את התוצאה האמיתית, ועבור השרוול הגדול נקבל הערכת חוסר.

2.3.2 מתודולוגיה:

מכשור וציוד: מד לחץ אלקטרוני עומד (Welch allyn).

מהלך הניסוי: בניסוי זה ביצענו מדידות לחץ דם באמצעות מד לחץ אלקטרוני עומד עם שלושה שרוולים שונים, שרוול קטן, בינוני וגדול. עבור כל שרוול מדדנו 3 פעמים.

2.3.3 תוצאות:

התוצאות שהתקבלו מהמדידות מוצגות בטבלאות הבאות:

טבלה 5 - תוצאות ניסוי ג' עבור כל גודל של שרוול

שרוול קטן				
ממוצע	מדידה 3	מדידה 2	מדידה 1	
110.7	112	108	102	לחץ סיסטולי [mmHg]
57.3	59	61	52	לחץ דיאסטולי [mmHg]
שרוול בינוני				
ממוצע	מדידה 3	מדידה 2	מדידה 1	
122.3	119	128	120	לחץ סיסטולי [mmHg]
55.6	57	55	55	לחץ דיאסטולי [mmHg]
שרוול גדול				
ממוצע	מדידה 3	מדידה 2	מדידה 1	
114	112	113	117	לחץ סיסטולי [mmHg]
54.6	51	58	55	לחץ דיאסטולי [mmHg]

הטבלה מעלה מתארת את תוצאות המדידה שהתקבלו בניסוי ג'.

מאחר ואין בידנו את לחץ הדם האמיתי של הנבדק, נניח כי עבור השרוול הבינוני התקבלה התוצאה ה"אמיתית". נרצה להבין האם קיבלנו הערכת חוסר או הערכת יתר בשרוול הקטן והגדול. לצורך כך נבצע חיסור בין הממוצע של השרוול הבינוני לשאר השרוולים, במידה והתוצאה תהיה חיובית – קיבלנו הערכת חוסר, ובמידה והתוצאה תהיה שלילית – קיבלנו הערכת יתר.

טבלה 6 - חיסור בין ממוצע הלחץ בשרוול הבינוני לממוצע שאר השרוולים

שרוול קטן	
לחץ דיאסטולי [mmHg]	לחץ סיסטולי [mmHg]
-1.7	1.6
שרוול גדול	
לחץ דיאסטולי [mmHg]	לחץ סיסטולי [mmHg]
1	8.3

בטבלה שלמעלה ניתן לראות כי עבור השרוול הקטן קיבלנו הערכת חוסר בלחץ הסיסטולי והערכת יתר בלחץ הדיאסטולי, בעוד שבשרוול הגדול קיבלנו הערכת חוסר בשני המקרים.

2.3.4 מסקנות:

בניסוי זה בדקנו את השפעתו של גודל השרוול על תוצאות מדידת לחץ הדם של מטופל. לפי טבלה 6 ניתן לראות כי עבור השרוול הקטן קיבלנו הערכת חוסר בלחץ הסיסטולי והערכת יתר בלחץ הדיאסטולי, בעוד שבשרוול הגדול קיבלנו הערכת חוסר בשני המקרים. תוצאה זו תואמת חלקית את השערתנו בהיפותזה, שכן, היינו מצפים כי גם עבור הלחץ הסיסטולי השרוול הקטן יהיה בהערכת יתר. לדעתנו ישנן מספר סיבות אפשריות לבעיה זו. ראשית, לחץ הרפרנס שלנו היה הלחץ שנמדד בשרוול הבינוני, אף על פי שהוא לאו דווקא מתאר הכי טוב את לחץ הדם של המטופל. שנית, אנחנו היינו אלה שמיקמו את השרוולים, ייתכן כי מיקמנו את השרוול הקטן באופן כזה שפגע במהימנות המדידות והוביל לשגיאה שנוצרה. כמו כן בשרוול הגדול קיבלנו הערכת חוסר בשני סוגי הלחצים כפי שציפינו. מניסוי זה אנו למדים כי התאמת גודל השרוול הינה חשובה, וחוסר התאמה עלולה להביא לשגיאות בלחץ הדם הנמדד.

2.4 ניסוי 4: השפעת הפזיולוגיה על לחץ הדם

2.4.1 היפותזה:

בניסוי זה נבצע מדידות לחץ דם לכל אחד מחברי הקבוצה, במנוחה, ולאחר מאמץ. נצפה כי לאחר מאמץ לחץ הדם הסיסטולי והדיאסטולי יעלו משמעותית, בהתאמה לתשובתנו בדו"ח המכין, שאלה 4, תחת "מאמץ פיזי".

2.4.2 מתודולוגיה:

מכשור וציוד: מד לחץ אלקטרוני עומד (Welch allyn).

מהלך הניסוי: בניסוי זה מדדנו את לחץ הדם של כל אחד מחברי הקבוצה במנוחה, לאחר מכן ביצענו כולנו פעילות גופנית, ומדדנו מחדש את לחץ הדם של כל אחד מחברי הקבוצה.

2.4.3 תוצאות:

התוצאות שהתקבלו מהמדידות מוצגות בטבלה הבאה:

טבלה 7 - תוצאות ניסוי 4

נבדק 3	נבדק 2	נבדק 1	
133/89	107/56	120/55	לחץ במנוחה [mmHg]
160/99	147/66	143/68	לחץ במאמץ [mmHg]

בטבלה למעלה ניתן לראות את תוצאות לחץ הדם עבור 3 נבדקים, במנוחה ובמאמץ.

בנה טבלה המתארת את ההפרש בין המדידות עבור כל אחד מהלחצים, ואת השינוי באחוזים.

טבלה 8 - הדגשת ההבדלים בין המדידה במאמץ ובמנוחה

נבדק 3		נבדק 2		נבדק 1		
%	הפרש [mmHg]	%	הפרש [mmHg]	%	הפרש [mmHg]	לחץ סיסטולי
20%	27	37%	40	19 %	23	
%	הפרש [mmHg]	%	הפרש [mmHg]	%	הפרש [mmHg]	לחץ דיאסטולי
11%	10	18%	10	23%	13	

בטבלה מעלה ניתן לראות את הפרשים ואת השינוי באחוזים בין המדידות במנוחה ובמאמץ.

נשים לב כי עבור הלחץ הסיסטולי יש ממוצע של 25.3% הבדל, ועבור הלחץ הדיאסטולי קיבלנו ממוצע הבדל של 17.3%.

2.4.4 מסקנות:

בניסוי זה בחנו את ההשפעה של מאמץ גופני על לחץ הדם בגופנו. באופן גורף, ניתן להגיד מתוצאות הניסוי כי לחץ הדם עולה משמעותית לאחר ביצוע פעילות גופנית. קיבלנו ממוצע של 25.3% הבדל בלחץ הסיסטולי, ועבור הלחץ הדיאסטולי קיבלנו ממוצע הבדל של 17.3%. הדבר מתיישב עם היפותזת הניסוי ועם תשובתנו לשאלה 4 בדו"ח המכין, שכן, במהלך פעילות גופנית הגוף צורך יותר חמצן, כלומר יותר נשימה תאית. בכדי שהשרירים יקבלו מספיק חמצן יש צורך בחלופה מהירה יותר של דם, כלומר קצב הלב ולחץ הדם עולים. נשים לי כי השינוי בלחץ הסיסטולי הינו גדול יותר מהשינוי בלחץ הדיאסטולי, הדבר הגיוני משום שהלחץ הסיסטולי קשור להתכווצות החדרים, המתקשרת ישירות לכמות הדם שמועבר הלאה לשרירים דרך אבי העורקים.

2.5 ניסוי 5: מדידת לחץ דם באמצעות מערכת BIOPAC

2.5.1 היפותזה:

בניסוי זה נבצע מדידת לחץ דם עורקי באמצעות מערכת BIOPAC בעזרת קולות קורטוקוף ותנודות יחדיו. נרצה לבדוק את ההבדל בין המדידות כאשר אין רעש בחדר וכאשר רעש מפריע למדידת הקולות. נשער כי יהיה שונות בין במדידות במקרים השונים שכן מכשיר ההקלטה ידווח על רעש כאשר צליל קורטוקוף יעלם דבר היגרום להערכת יתר בלחץ הסיסטולי והערכת חוסר בלחץ הדיאסטולי.

2.5.2 מתודולוגיה:

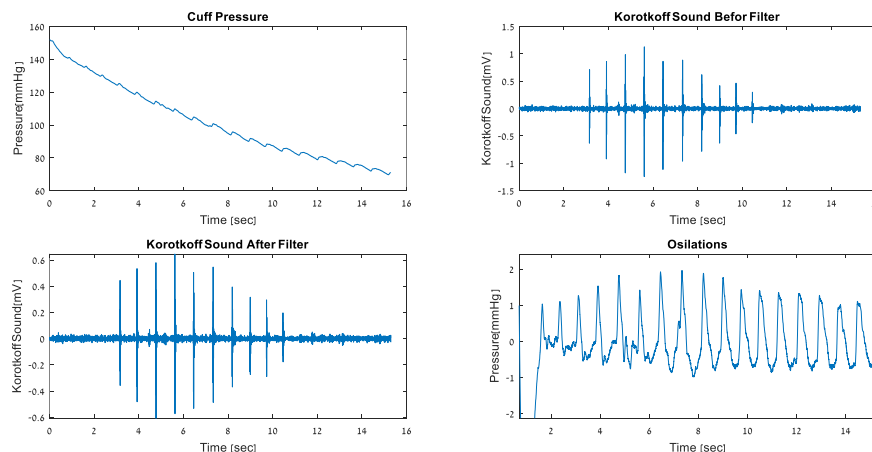
מכשור וציוד: מערכת BIOPAC, שרוול מתנפח, סטטוסקופ מקליט ומד לחץ דם.

מהלך הניסוי: וודאנו שמכשיר ה-BIOPAC מחובר לחשמל, והעברנו את המתג למצב הפעלה. פתחנו את קובץ BPmeans.acq בכדי להיכנס למערכת. בצענו כיול למערכת בצורה הבאה: סגרנו את השרוול על ידו של הנבדק, סגרנו את הברז האוויר ונפחנו את השרוול עד ללחץ של 70 mmHg. בחרנו

MP35 → setup channels → view/change parameters (CH1) → scaling

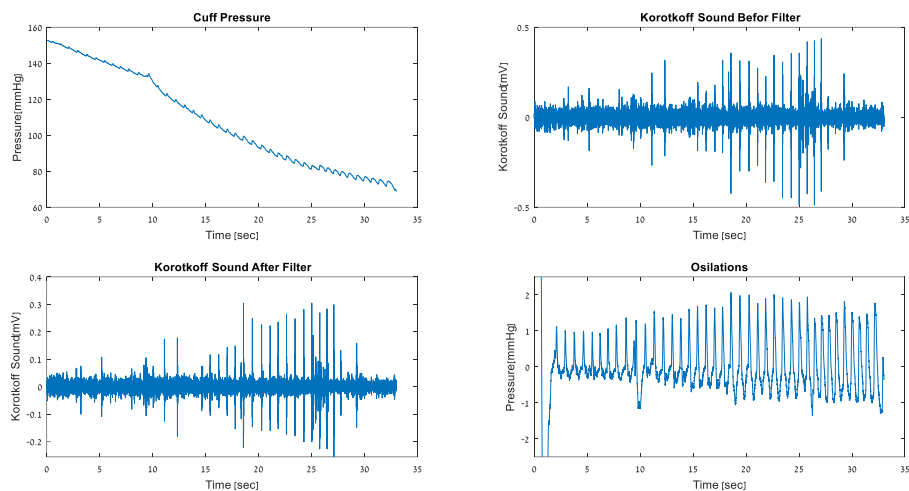
הזנו את הלחץ כפי ששעון הלחץ מראה ב-Cal2 וחזרנו על אותה פעולה עם Cal1 ו-140 mmHg. מקמנו את המיקרופון **מחוץ** לשרוול. ניפחנו את השרוול עד ללחץ של 160 mmHg, הפעלנו את המדידה ושחררנו בקצב איטי את הלחץ בשרוול. כאשר הרעשים נפסקו הפסקנו את המדידה. ביצענו את תהליך זה פעמיים שקטות ופעם אחת בשיתוף עם רעש.

2.5.3 תוצאות:



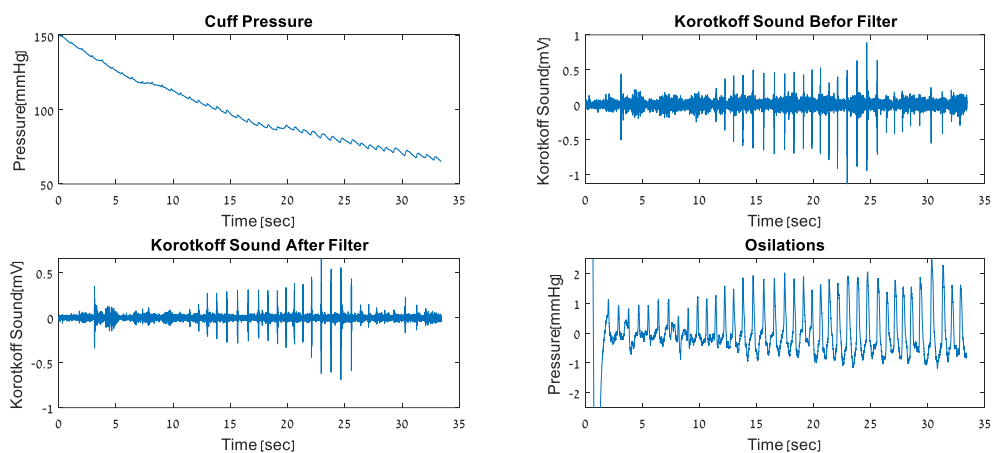
איור 3- תוצאות מדידה ראשונה ללא רעש

איור 3 מתאר את תוצאות המדידה הראשונה, הלחץ בשרוול קורטוקוף לפני ואחרי הפילטר והאוסילציות. ניתן לראות כי אין הבדל גדול בין רעשי קורטוקוף לפני ואחרי הסינון, הדבר הגיוני שכן השתדלנו לבצע את הניסוי בשמירה על חוסר רעש באזור המדידה.



איור 4- תוצאות מדידה שנייה ללא רעש

איור 4 מתאר את תוצאות המדידה השנייה, הלחץ בשרוול קורטוקוף לפני ואחרי הפילטר והאוסילציות. ניתן לראות כי גם כאן אין הבדל גדול בין רעשי קורטוקוף לפני ואחרי הסינון, שכן גם במדידה זו השתדלנו לבצע את הניסוי בשמירה על חוסר רעש באזור המדידה.

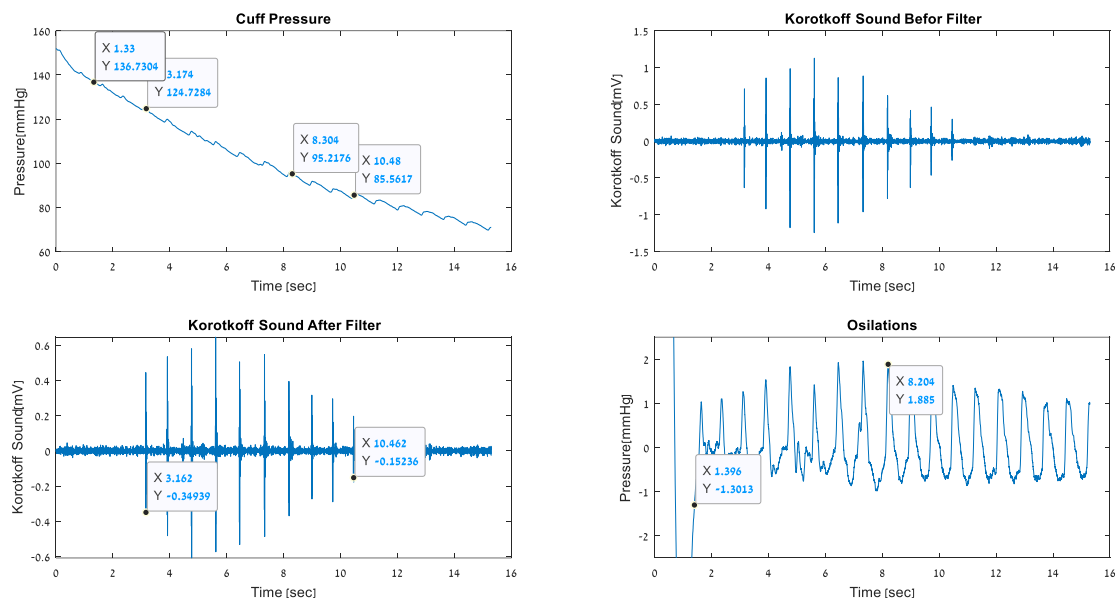


איור 5- תוצאות מדידה שלישית, מדידה עם רעש

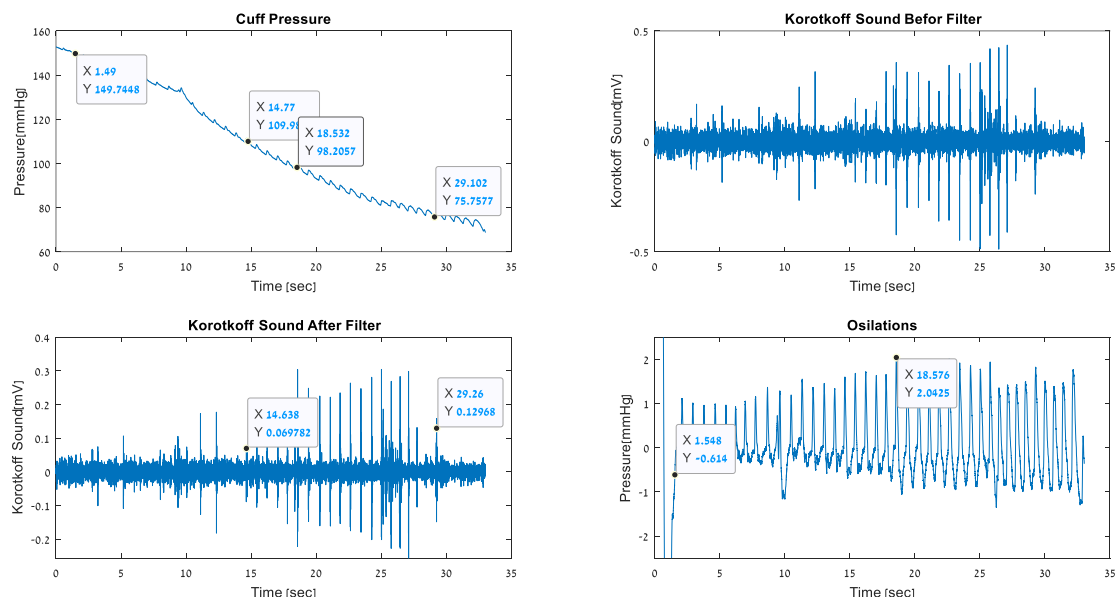
איור 5 מתאר את תוצאות המדידה השלישית, הלחץ בשרוול קורטוקוף לפני ואחרי הפילטר והאוסילציות. ניתן לראות כי כאן לעומת הגרפים הקודמים יש הבדל בין קורטוקוף לפני ואחרי הסינון שכן במדידה זו השתדלנו לעשות רעש במהלך המדידה בכדי לראות את ההבדלים.

תשובה לשאלה 4 :

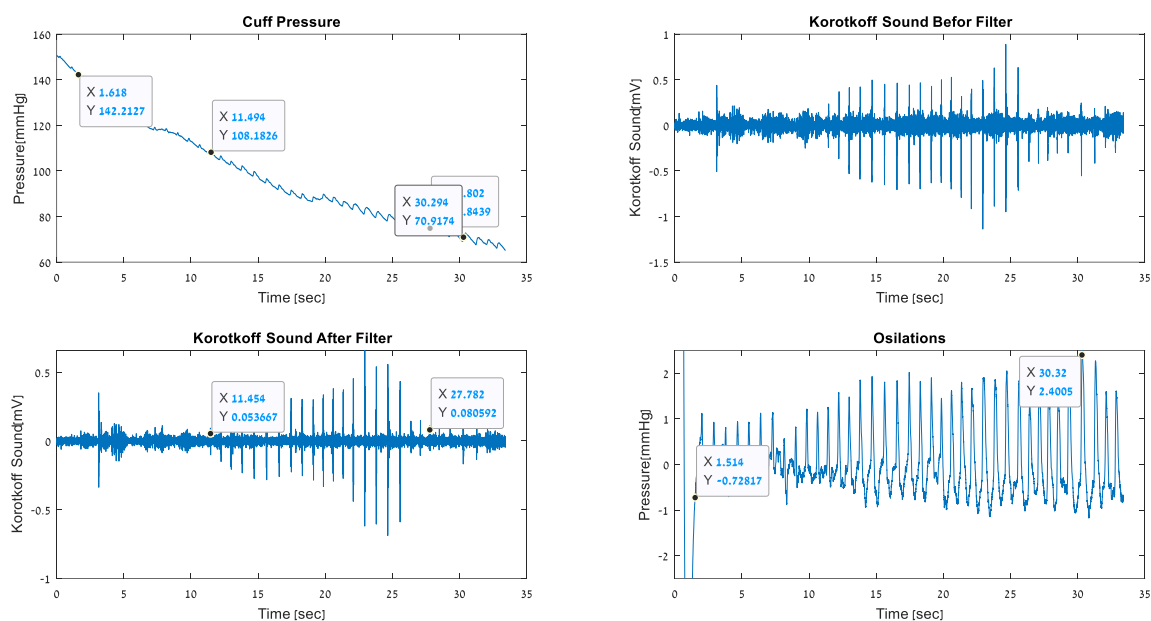
בשאלה זו נעריך את ערכי לחץ הדם בעזרת איורים 1-3 בשתי שיטות : צלילי קורטוקוף ואוסילציות. נסתכל מתי צלילי קורטוקוף התחילו וזה יהיה הלחץ הסיסטולי ומתי הם נגמרו וזה יהיה הלחץ הדיאסטולי. באוסילציות נסתכל מתי שינוי הלחץ הגדול ביותר וזה יהיה הלחץ הסיסטולי ומתי האמפליטודה המקסימלית וזה יהיה MAP.



איור 6 : הערכת הלחץ עבור מדידה 1



איור 7 : הערכת הלחץ עבור מדידה 2



איור 8 : הערכת הלחץ עבור מדידה 3

נציג את הערכים בטבלה הבאה ונחשב את הלחץ הדיאסטולי במקרה האוסילציות לפי הנוסחה :

$$MAP = \frac{P_{systole} + 2P_{diastole}}{3}$$

טבלה 9 : השוואה בין השיטות

לחץ הדם באמצעות שיטת האוסילציות	לחץ הדם באמצעות צילילי קורטוקוף	
$P_{systole} = 136.730 [mmHg]$ $MAP = 95.218 [mmHg]$ חישוב הלחץ הדיאסטולי : $95.218 = \frac{136.730 + 2P_{diastole}}{3}$ $P_{diastole} = 74.462 [mmHg]$	$P_{systole} = 124.728 [mmHg]$ $P_{diastole} = 85.562 [mmHg]$	מדידה 1
$P_{systole} = 149.745 [mmHg]$ $MAP = 98.206 [mmHg]$ חישוב הלחץ הדיאסטולי : $98.206 = \frac{149.745 + 2P_{diastole}}{3}$ $P_{diastole} = 72.437 [mmHg]$	$P_{systole} = 109.975 [mmHg]$ $P_{diastole} = 75.758 [mmHg]$	מדידה 2
$P_{systole} = 142.213 [mmHg]$	$P_{systole} = 108.183 [mmHg]$	מדידה 3

$MAP = 70.917 [mmHg]$ חישוב הלחץ הדיאסטולי : $70.917 = \frac{142.213 + 2P_{diastole}}{3}$ $P_{diastole} = 35.269 [mmHg]$	$P_{diastole} = 74.844 [mmHg]$	
---	--------------------------------	--

מטבלה זו ניתן לראות את הערכים שקיבלנו בשתי השיטות. עבור מדידות 1,2 קיבלנו ערכים יחסית קרובים אך במדידה 3 הערכים רחוקים מאוד. ניתן להסיק כי בגלל שהיה רעש במדידה זו זיהינו את הרעש כנקודות שבחרנו ולכן קיבלנו שגיאה במדידות. כמו כן, כיוון ששתי השיטות מתבססות על הערכה על פי האוירים של הנקודות נסיק כי ישנה שגיאה גם בערכים עבור מדידות 1,2.

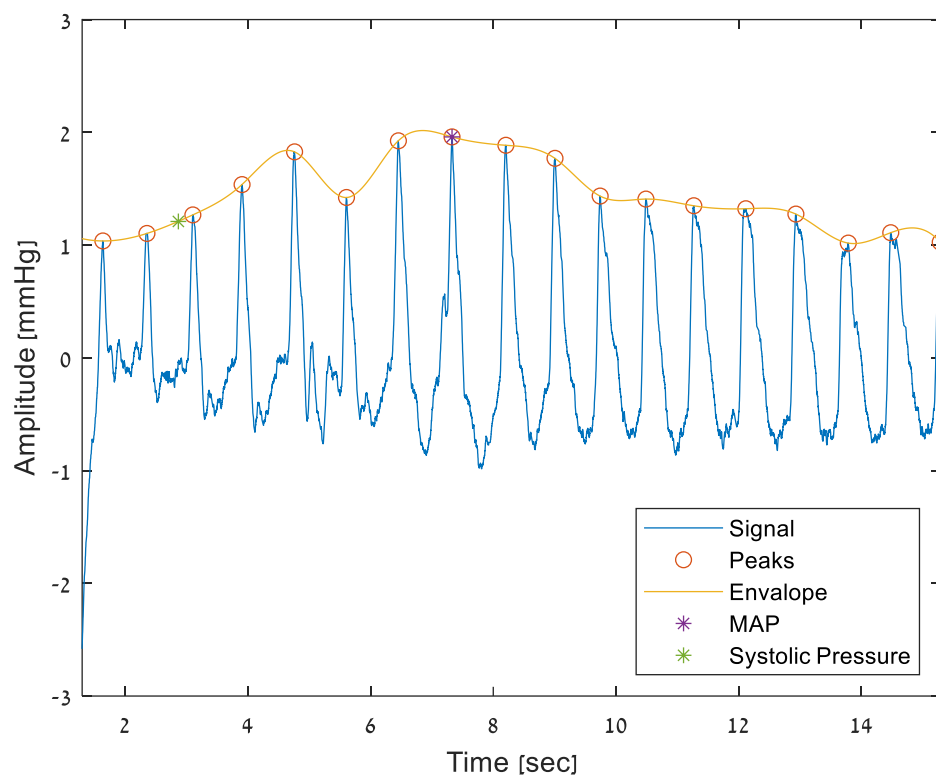
תשובה לשאלה 5 :

בכדי להחליט האם מדובר בצליל קורטוקוף או רעש נצטרך להפעיל שיקול דעת להסתכל על הגרף, ולבחון את ההפרשים בין הצליל ל"גוש" הצלילים הבטוחים, כלומר הטווח בו בטוח יש צלילי קורטוקוף. לדוגמא באיור 3 ניתן לראות צליל בזמן 3 שניות בערך, אשר בעוצמתו זהה לצלילי קורטוקוף אך ברור כי זהו אינו צליל קורטוקוף. שכן יש תקופה של כ-10 שניות בינו לבין הטווח בו בוודאות יש צלילי קורטוקוף.

תשובה לשאלה 6 :

בשאלה זו נבנה אלגוריתם לזיהוי לחץ סיסטולי ודיאסטולי לפי פטנט 4735213. לצורך כך, ניקח את ההקלטות מהניסוי, נחפש את הפיקים עבור כל אחד מהאותות, ונבנה מעטפת של כל סיגנל. הלחץ הסיסטולי יהיה הלחץ בו מתקבל 0.6 מערך המקסימום של המעטפת (כפי שמתואר במאמר), והלחץ הדיאסטולי יחושב לפי ערך ה-MAP. נציג את הגרפים שקיבלנו עבור כל אחד מהאותות שהקלטנו [2].

עבור מדידה 1 :



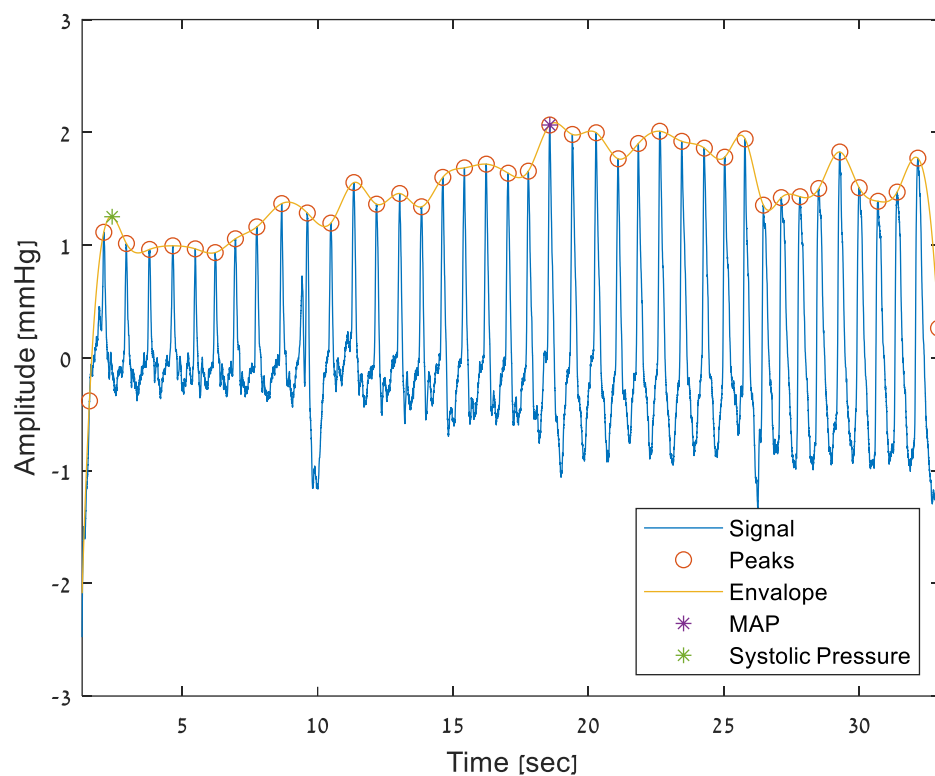
איור 9 - גרף האוסילציות עם המניפולציות של האלגוריתם של מדידה 1

באיור מעלה ניתן לראות את הגרף שיצרנו באלגוריתם. כמו כן נציין כי מגרף זה הוצאנו רק את הזמנים בהם מתקבל ערך ה-MAP וערך הלחץ הסיסטולי. את הזמנים שהתקבלו הצבנו בגרף הלחץ וקיבלנו את הערכים הבאים: (את הלחץ הדיאסטולי מערך ה-MAP והסיסטולי כפי שעשינו עד כה)

טבלה 10 - הלחצים שקיבלנו באמצעות האלגוריתם (מדידה 1)

לחץ סיסטולי [mmHg]	לחץ דיאסטולי [mmHg]	MAP [mmHg]
125.5	88.4	100.8

עבור מדידה 2:



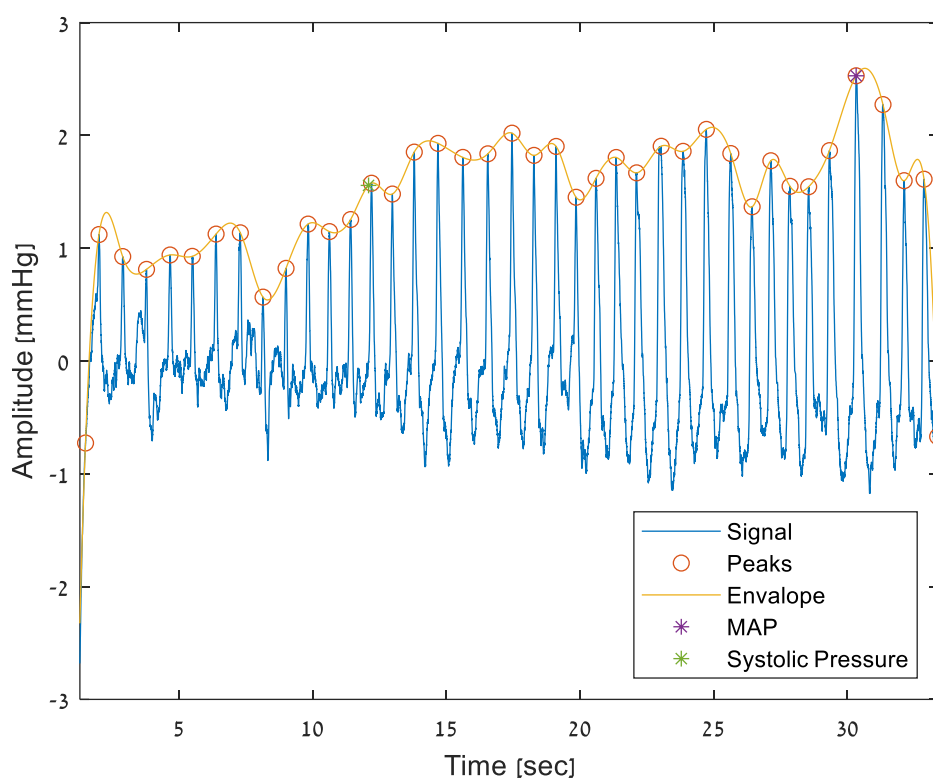
איור 10 - גרף האוסילציות עם המניפולציות של האלגוריתם של מדידה 2

באיור מעלה ניתן לראות את אותו הגרף שהוצאנו עבור מדידה 1, אך הפעם עבור מדידה 2. כפי שעשינו במדידה 1, קיבלנו את הלחצים הבאים:

טבלה 11 - הלחצים שקיבלנו באמצעות האלגוריתם (מדידה 2)

לחץ סיסטולי [mmHg]	לחץ דיאסטולי [mmHg]	MAP [mmHg]
147.7	75.3	99.4

עבור מדידה 3 (המורעשת):



איור 11 - גרף האוסילציות עם המניפולציות של האלגוריתם של מדידה 3

באיור מעלה ניתן לראות את אותו הגרף שהוצאנו עבור מדידה 1 ו-2, אך הפעם עבור מדידה 3. כפי שעשינו במדידה 1 ו-2, קיבלנו את הלחצים הבאים:

טבלה 12 - הלחצים שקיבלנו באמצעות האלגוריתם (מדידה 3)

לחץ סיסטולי [mmHg]	לחץ דיאסטולי [mmHg]	MAP [mmHg]
104.9	55.4	71.9

עתה נשווה לתוצאות של שאלה 4, נבנה טבלה של שגיאות יחסיות לכל מדידה. את השגיאה נחשב באופן הבא:

$$Error = \frac{|P_{Q4} - P_{Q6}|}{P_{Q4}} \cdot 100\%$$

טבלה 13 - שגיאות יחסיות בין שני הניסויים

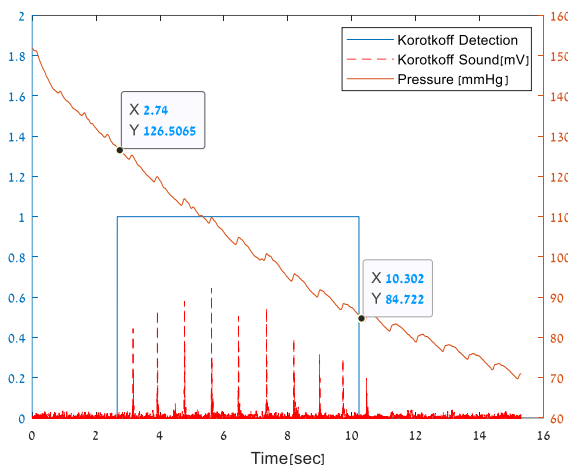
שגיאת לחץ סיסטולי [%]	שגיאת לחץ דיאסטולי [%]	שגיאת MAP [%]	
8.2	18.8	5.9	מדידה 1
1.3	4.0	1.2	מדידה 2
26.8	56.9	1.4	מדידה 3 (מורעש)

נשים לב למספר דברים שנובעים מהטבלה :

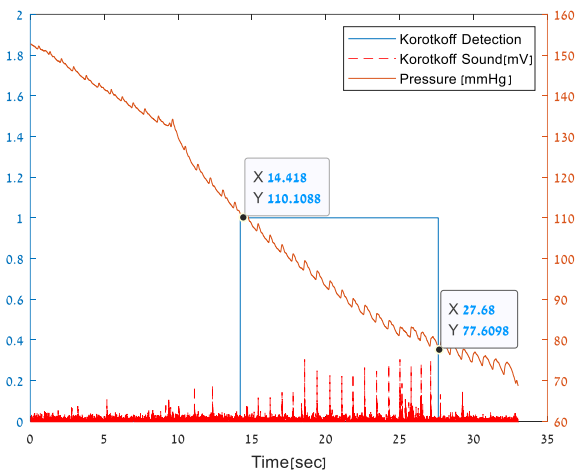
- ראשית, ניתן לשים לב כי השגיאות הגדולות ביותר מתקבלות עבור המדידה המורעשת, הדבר הגיוני משום שלאגוריתם יותר קשה לזהות נכונה את הנקודות הרלוונטיות כשמתווסף לאות רעש.
- שנית, ניתן לשים לב האלגוריתם באופן כללי כן הצליח להוציא ערכים אשר דומים בערכם לערכים שהוצאו באופן ידני בשאלה 4.
- שלישית, ניתן לראות שהשגיאה הקטנה ביותר בערכי ה-MAP, הדבר הגיוני כי גם לאלגוריתם וגם לעין האנושית קל לזהות את הפיק באוסילציות.

לסיכום ניתן להגיד כי הפטנט שלפיו עבדנו פועל, כלומר האלגוריתם שלפיו מבצעים זיהוי ללחץ הסיסטולי והדיאסטולי מבצע את עבודתו כאשר אנו מבצעים מדידה שקטה. בנוסף נציין כי לא ניתן להתייחס לתוצאות משאלה 4 כתוצאות האמת מכיוון שגם אותן הוצאו באופן ידני והן לאו דווקא מבטאות את לחץ הדם של המטופל.

תשובה לשאלה 7 :

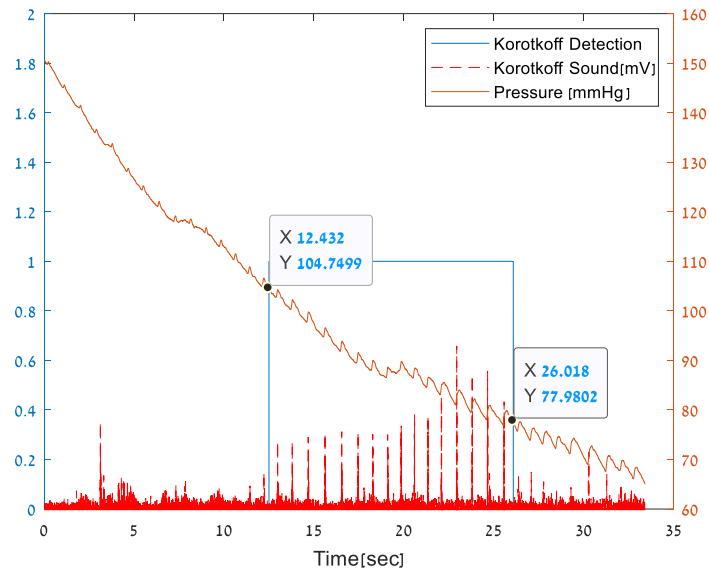


איור 13-תגובת האלגוריתם לאות הראשון



איור 12-תגובת האלגוריתם לאות השני

איור 12 ו13 מתארים את תוצאת האלגוריתם לאותות קורטקוף ללא רעש. לאחר מכן גרף הלחץ הודבק על אותו הגרף כדי להקל על מציאת נקודות הלחץ הסיסטולי והדיאסטולי. ניתן לראות כי האלגוריתם תוחם בצורה טובה את האותות.



איור 14- תגובת האלגוריתם לאות השלישי עם הרעש

איור 14 מתאר את מוצא האלגוריתם לאות המורעש. באיור ניתן לראות כי קיבלנו התאמה בין צלילי קורטוקוף לרעש, אך ישנם צלילים נוספים שלא נלקחו במלבן, ייתכן כי הדבר נובע מכך שאות זה יותר מורעש מחבריו לכיתה.

(את האלגוריתם ניתן למצוא בנספחים תחת Energy_Detect)

עתה נשווה לתוצאות של שאלה 4, נבנה טבלה של שגיאות יחסיות לכל מדידה. את השגיאה נחשב

$$\text{Error} = \frac{|P_{Q4} - P_{Q7}|}{P_{Q4}} \cdot 100\%$$

באופן הבא:

טבלה 14 - שגיאות יחסיות בין שני הניסויים

שגיאת לחץ דיאסטולי [%]	שגיאת לחץ סיסטולי [%]	
0.98	1.42	מדידה 1
2.44	0.12	מדידה 2
4.19	3.17	מדידה 3 (מורעש)

נשים לב למספר דברים שנובעים מהטבלה:

- ראשית, ניתן לשים לב כי השגיאות הגדולות ביותר מתקבלות עבור המדידה המורעשת, הדבר הגיוני משום שלא אלגוריתם יותר קשה לזהות נכונה את הנקודות הרלוונטיות כשמתווסף לאות רעש.
- שנית, ניתן לשים לב האלגוריתם באופן כללי כן הצליח להוציא ערכים אשר דומים בערכם לערכים שהוצאונו באופן ידני בשאלה 4.

לסיכום ניתן להגיד כי האלגוריתם שלפיו עבדנו פועל. בנוסף נציין כי לא ניתן להתייחס לתוצאות משאלה 4 כתוצאות האמת מכיוון שגם אותן הוצאנו באופן ידני והן לאו דווקא מבטאות את לחץ הדם של המטופל.

2.5.4 מסקנות:

תשובה לשאלה: " מה יקרה לדעתכם אם החיישן יהיה מתחת לשרוול המתנפח" החיישן מודד את התנודות ואם נמקם אותו מתחת לשרוול המתנפח המדידות יהיו מושפעות מתזוזת השרוול ולכן נסיק כי יהיה הרבה רעש שיפגע ביכולת שלנו לפענח את תוצאות המדידה.

לסיכום ניתן לראות כי האלגוריתמים שמצאנו מאפשרים למצוא את הלחץ בשיטת צלילי קורטוקוף ובשיטת האוסילציות בצורה מדויקת שהניבה שגיאה יחסית נמוכה. כמו כן, ניתן לראות שכאשר היה רעש הוא נוסף למדידה ולכן הפריע לזיהוי נכון של ערכי הלחצים. מכאן נסיק כי שיטת מדידה זו הינה רגישה לרעשים ולכן נעדיף שיטות אחרות כמו מדידה אלקטרונית באמצעות שרוול.

3 מסקנות כלליות

תשובה לשאלה 2:

- ספיגמומנומטר אנרואידי:

- יתרונות: המכשיר עצמו הוא מכשיר ידני ומכני, כלומר הוא לא מסתמך על אמצעים טכנולוגיים שעשויים לחוות תקלות טכניות ורעשים דיגיטליים.
- חסרונות: המכשיר מסתמך המון על מבצע הבדיקה, חסרון זה מתחלק לשניים, מצד אחד שני בודקים עלולים להביא תוצאות שונות לאותה הבדיקה, ומצד שני האוזן האנושית יכולה לפספס קולות קורטוקוף בכך לגרור שגיאה במדידה. חסרון נוסף שרעשי דיבור רגילים (כמו אלו שהיו במעבדה) יכולים להפריע לזיהוי של הפעילות הראשונות/אחרונות כי הן חלשות יותר.

- OMRON:

- יתרונות: מכשיר זה הוא קל לתפעול ואוטומטי. יש למקם אותו במפרק כף היד ולהפעיל כלומר איננו מבוסס על מבצע הבדיקה שעלול לבצע את הבדיקה בצורה לא מדויקת.
- חסרונות: המדידה מבוצעת במפרק כף היד כלומר במיקום רחוק יותר מהלב לעומת המכשירים האחרים. בשל כך הוא עלול להיות פחות רגיש לשינויים ולהציג תוצאות שאינן מדויקות.

- שרוול אלקטרוני:

- יתרונות: הבדיקה הקונבנציונלית בה משתמשים כיום כיוון שהיא קלה לתפעול ואוטומטית כלומר אינה מסתמכת על מבצע הבדיקה. בדרך כלל בדיקה זו יחסית מדויקת ואיננה מושפעת מרעשי סביבה.
- חסרונות: כפי שראינו בניסוי 3 יש חשיבות לגודל השרוול בו מבצעים את הבדיקה ואי התאמה שלו לנבדק יביא לשגיאה בתוצאות המדידה.

- BIOPAC:

- יתרונות: יתרון ברור של ה-BIOPAC הוא שאפשר להוציא בכמה אופנים את לחץ הדם. ניתן להשתמש בשיטת התנודות או לפי קולות קורטוקוף, ובכך לקבל תוצאה יותר מהימנה.
- חסרונות: חיסרון בולט של מכשיר זה הוא שהמכשיר רגיש מאוד לרעשי רקע. בנוסף יש חשיבות למיקום המיקרופון ויש לבצע סנכרון של המכשיר כדי שיהיה מדויק.

תשובה לשאלה 8:

עבור אותו הנבדק נשווה בין מדידות הלחץ דם בגובה הלב בשיטות השונות:

טבלה 15 - השוואה בין תוצאות הניסויים

מדידה 3 [mmHg]	מדידה 2 [mmHg]	מדידה 1 [mmHg]	
125/90	132/84	125/82	ניסוי 1- בדיקה ידנית
171/102	172/92	176/87	ניסוי 2- מכשיר OMRON
119/57	128/55	120/55	ניסוי 3- שרוול בינוי
10.183/74.844	109.975/75.758	124.728/85.562	ניסוי 5- BIOPAC, צלילי קורטוקוף
142.213/35.269	149.745/72.437	136.730/74.462	ניסוי 5- BIOPAC, אוסילציות

ניתן לראות כי התוצאות אינן זהות בין הניסויים. נשער כי השוני בין התוצאות במכשיר ה-OMRON נובע מכך שהוא מודד את לחץ הדם בפרק כף היד לעומת המדידה המבוצעת במכשירים האחרים בזרוע באזור הקרוב יותר ללב. נשער כי כתוצאה מאזור מדידת לחץ הדם, אזור המרוחק יותר מהלב, המדידה פחות מדויקת כי כתוצאה מהמרחק היא פחות רגישה לשינויים קטנים. כמו כן, הבדיקה הידנית בוצעה על ידי שמיעה של צלילי קורטוקוף ולכן נשער כי היא איננה מדויקת כתוצאה מזיהוי לא נכון של הקולות וכתוצאה מהרעש במעבדה. בנוסף, מכשיר ה-BIOPAC הינו רגיש לרעשים ותוצאותיו תלויות בכיול ההתחלתי ולכן נסיק כי יכול להיות שהמדידות שלו אינן מדויקות בשל כך. לסיכום, על מנת לקבל את התוצאות המדויקות ביותר נעדיף להשתמש בשרוול כיוון שמכשיר זה הכי פחות רגיש לרעשים ולגורמים הנוספים.

לסיכום, במעבדה זו הכרנו את תכונות לחץ הדם ואת מאפייני המכשירים השונים בהם ניתן לבצע את המדידה. בניסוי הראשון מדדנו את לחץ הדם בצורה ידנית בעזרת סטטוסקופ, שרוול מתנפח ומד לחץ וכך התאפשר לנו לשמוע את צלילי קורטוקוף ולהבין את אופן הפעולה של שיטה זו. הסקנו כי קשה לזהות את הצליל הראשון בשיטה זו. בניסוי השני בדקנו את השפעת גובה המדידה על הלחץ וראינו כי בהתאם לרקע התאורטי קיבלנו כי כאשר מודדים מעל גובה הלב נקבל הערכת חוסר (לחץ נמוך יותר) וכאשר מודדים מתחת לגובה הלב נקבל הערכת יתר. כמו כן, עשינו מודל לינארי להערכת הלחץ הסיסטולי והדיאסטולי על פי גובה המדידה וראינו כי ישנה התאמה גבוהה בין המודל התאורטי שחושב באמצעות ברנולי לבין המודל שקיבלנו מתוצאות המדידה. בניסוי השלישי בדקנו את ההשפעה של גודל השרוול על תוצאות המדידה וראינו כי ישנה חשיבות להתאמה זו. עבור השרוול הקטן קיבלנו הערכת חוסר בלחץ הסיסטולי והערכת יתר בלחץ הדיאסטולי, בעוד שבשרוול הגדול קיבלנו הערכת חוסר בשני המקרים. בניסוי הרביעי בדקנו את ההשפעה של פעילות גופנית על לחץ הדם וכמצופה ראינו כי ישנה עלייה לאחר מאמץ הן בלחץ הסיסטולי והן בלחץ הדיאסטולי. בניסוי החמישי השתמשנו במכשיר ה-BIOPAC ורשמנו אלגוריתמים למציאת הלחץ בשיטת צלילי קורטוקוף ובשיטת האוסילציות מתוך המדידות.

- [1] J. R. Welty, *Fundamentals of momentum, heat and mass transfer*, 6th edition. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.
- [2] "4735213 אוסילומטרית דם בשיטת לחץ דם.pdf."

5.1 Contents

- [Q.3](#)
- [Q.4](#)
- [Q.6](#)
- [Q.7](#)

```
set(0,'defaultAxesFontSize',10);
```

5.2 Q.3

```
A1_systole=[70,135,178;94,118,161;100,120,171];

P1_systole=anova1(A1_systole);

A1_diastole=[40,78,110;49,78,115;50,81,104];

P1_diatole=anova1(A1_diastole);

A2_systole=[114,176,228;124,172,235;122,171,231];

P2_systole=anova1(A2_systole);

A2_diastole=[62,87,146;66,92,145;52,102,147];

P2_diatole=anova1(A2_diastole);

A3_systole=[114,128,145;113,123,163;106,118,146];

P3_systole=anova1(A3_systole);

A3_diastole=[67,85,108;66,70,114;47,68,109];

P3_diatole=anova1(A3_diastole);

H1=[45,0,-40];

H2=[35,0,-50];

H3=[55,0,-50];
```

```

H=[H1 H2 H3];

A=[A1_systole A2_systole A3_systole]

A=mean(A)

y1=fitlm(H,A);

figure

plot(y1)

xlabel('H [cm]');
ylabel('P systole[ mmHg]');

B=[A1_diastole A2_diastole A3_diastole]
B=mean(B)
y2=fitlm(H,B);

figure
plot(y2)
xlabel('H [cm]');
ylabel('P diastole[ mmHg]');

```

5.3 Q.4

```

Files = ["yuvalS1","yuvalS3","yuvalV1"];
for i = 1:3

    load(Files(i))
    t = 0:2e-3:(numel(data(:,2))-1)*2e-3;
    figure(i);
    subplot(221); title 'Cuff Pressure'
    plot(t,data(:,1)); xlabel 'Time [sec]'; ylabel Pressure[mmHg];title
    'Cuff Pressure';

    subplot(222)
    plot(t,data(:,2)); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Korotkoff
    Sound[mV]';title 'Korotkoff Sound Befor Filter';

    subplot(223)
    plot(t,data(:,3)); xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Korotkoff
    Sound[mV]';title 'Korotkoff Sound After Filter';

    subplot(224)
    plot(t,data(:,4)); xlabel 'Time [sec]'; ylabel Pressure[mmHg];title
    'Osilations';ylim([-2.5 2.5])
end

```

5.4 Q.6

```

files = ["yuvalS1","yuvalS3","yuvalV1"]

```

```

for index = 1:3;
    load(files(index))

    Fs = 500; Ts = 1/Fs;
    time = 0 : Ts : (length(data(:,1))-1)*Ts;

% Finding peaks and signal envelope

    [pks,locs] = findpeaks(data(:,4),'MinPeakDistance',250);
    [yupper,ylower] = envelope(data((1.3*Fs:end),4),250,'peak');
    figure;
    plot(time,data(:,4)); xlim([1.3 time(end)]); ylim([-3 3]); hold on
    plot(locs*Ts,pks,'o'); plot(time(1.3*Fs:end),yupper);
    xlabel 'Time [sec]'; ylabel 'Amplitude [mmHg]';

% Finding the MAP with the maximum

    [~,ind] = max(pks);
    MAP_ind = locs(ind);
    MAP = data(MAP_ind,1);
    plot(MAP_ind*Ts,max(pks),'*')

%Finding the systolic pressure according to the algorithm

    [~,indS] = min(abs(0.6*max(yupper)-yupper));
    SysP_ind = round(1.3*Fs + indS);
    SysP = data(SysP_ind,1);
    plot(indS*Ts+1.3,yupper(indS),'*');

    legend('Signal','Peaks','Envelope','MAP','Systolic
    Pressure','Location','SE');

    DiasP = 0.5*(3*MAP - SysP); % Find the diastolic pressure with formula
    disp(MAP); disp(SysP); disp(DiasP);
end

```

5.5 Q.7

```

S1 = load('yuvalS1');
S3 = load('yuvalS3');
V1 = load('yuvalV1');

figure;
yyaxis left
Energy_Detect(S1.data(:,3));hold on
plot(0:2e-3:(numel(S1.data(:,2))-1)*2e-3,S1.data(:,3),'r');
yyaxis right
plot(0:2e-3:(numel(S1.data(:,2))-1)*2e-3,S1.data(:,1));xlabel Time[sec];
legend('Korotkoff Detection','Korotkoff Sound[mV]','Pressure [mmHg]');

figure;
yyaxis left
Energy_Detect(S3.data(:,3));hold on;
plot(0:2e-3:(numel(S3.data(:,2))-1)*2e-3,S3.data(:,4),'r');
yyaxis right
plot(0:2e-3:(numel(S3.data(:,2))-1)*2e-3,S3.data(:,1)); xlabel Time[sec];
legend('Korotkoff Detection','Korotkoff Sound[mV]','Pressure [mmHg]');

figure;
yyaxis left
Energy_Detect(V1.data(:,3));hold on;
plot(0:2e-3:(numel(V1.data(:,2))-1)*2e-3,V1.data(:,4),'r');
yyaxis right
plot(0:2e-3:(numel(V1.data(:,2))-1)*2e-3,V1.data(:,1));xlabel Time[sec];
legend('Korotkoff Detection','Korotkoff Sound[mV]','Pressure [mmHg]');

```

```

function Energy_Detect(signal)
% define T = 1 second as time of the square which
% suppose to be sound in this deffrence

N = numel(signal);
T = 1;
dt = 2e-3;
Fs = 500;
t = 0:dt:(N-1)*dt;
square = ones(1,T/dt);
Energy = signal.*conj(signal);
Energy_Per_Square = conv(Energy,square);
Middle_point = Energy_Per_Square(round(T*Fs/2):end-round(T*Fs/2));

logi = Middle_point > max(Middle_point)/6;

ind = find(logi == 1);
difrence = diff(ind);
inx = find(difrence<500 & difrence > 1 );

jindx = ind(inx);
for index = 1:numel(jindx)
logi(jindx(index):jindx(index)+difrence(inx(index))) = 1;
end

ind = find(logi == 0);
difrence = diff(ind);
inx = find(difrence<2500);

jindx = ind(inx);
for index = 1:numel(jindx)
logi(jindx(index):jindx(index)+difrence(inx(index))) = 0;
end
plot(t,logi);ylim([0 2]);

```