



הפקולטה להנדסה
ביו-רפואית

מור-טק מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים

הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה, קריית הטכניון, חיפה 32000
טל: 04-8293146

E-mail: Moretech@ed.technion.ac.il

<http://moretech.technion.ac.il>



משרד החינוך

המינהל למדע וטכנולוגיה

הכשרת מורים מובילים בהנדסה רפואית

(הפקולטה להנדסה ביו-רפואית, הטכניון מכון טכנולוגי לישראל)

הנדסה רפואית לימודים התנסותיים –

כיתה יא'

דוח ניסוי מס' 7: בדיקת מערכת השרירים

EMG

מגישים: אלי גיגי, יוסי חן

שאלות הכנה

1. הסבר מה זה רקמת שריר?
2. הסבר מהם פעולות השרירים?
3. הסבר מה זה שריר שלד? ומה מבנהו של שריר השלד?
4. הסבר מה זה רשמת שרירים חשמלית (אלקטרומיוגרפיה EMG) ומהי בדיקת EMG?



רקמת שריר

רקמת שריר היא רקמה המורכבת ממספר רב של תאים גליליים מוארכים המסודרים במקביל. תאים אלה, הנקראים גם סיבי שריר, הם בעלי כושר התכווצות – יכולים להתכווץ ולהתקצר, להתרפות ולהתארך. רקמות השריר מאוגדות ועטופות ברקמת חיבור במבנים הקרויים שרירים. השרירים מזיזים את הגוף במרחב ואף מסייעים לעבודתם של איברים פנימיים. השרירים אחראיים לייצור חלק גדול מחום הגוף.

רקמת שריר

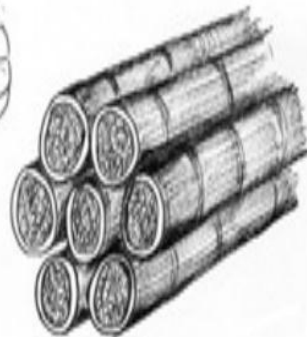
קיימים שלושה סוגים של שרירים: שריר שלד, שריר חלק ושריר הלב. הסוגים נבדלים זה מזה בצורת הסיבים המרכיבים אותם, בעיצובם, בצורת התכווצותם ובתפקידם.



שריר שלד



שריר חלק



שריר הלב

שריר הלב ושרירים חלקים

שרירים חלקים - השרירים החלקים נמצאים באיברים הפנימיים: מעיים, קיבה וכלי דם.

שרירים אלה נקראים גם שרירים **ויסצרליים**. השרירים החלקים בעלי גרעין אחד, ואין להם מבנה מסודר של יחידות מתכווצות.

הם מאופיינים בהתכווצויות איטיות וממושכות שיכולות גם להופיע בעוצמה חזקה, למשל בזמן התכווצויות הקיבה להעברת מזון ובעת התכווצויות הרחם בזמן הווסת הגורמות כאבי בטן.

שריר הלב – דומה במבנהו לשרירי השלד, אך שונה מהם באופן פעולתו. השרירים החלקים ושריר הלב מהווים כ- 10% ממשקל הגוף.

בגוף האדם ישנם כ- **650 שרירי שלד**,

בשקופית הבאה מוצגים השרירים וקבוצות השרירים העיקריים לעיסוק בספורט.

שריר שלד

שרירי שלד - שרירי השלד מהווים כ- 40% ממשקל הגוף ונקראים גם שרירים רצוניים ושרירים משורטטים.

שרירי שלד הם רב- גרעיניים ומאופיינים במבנה מסודר של היחידות המתכוצות.

הם ניחנים ביכולת להתכווץ מהר ולזמן קצר ומסוגלים לפתח כוח רב.

תפקידי שרירי השלד :

1. מניעים את הגוף,

2. מאפשרים את יציבת הגוף הזקוף,

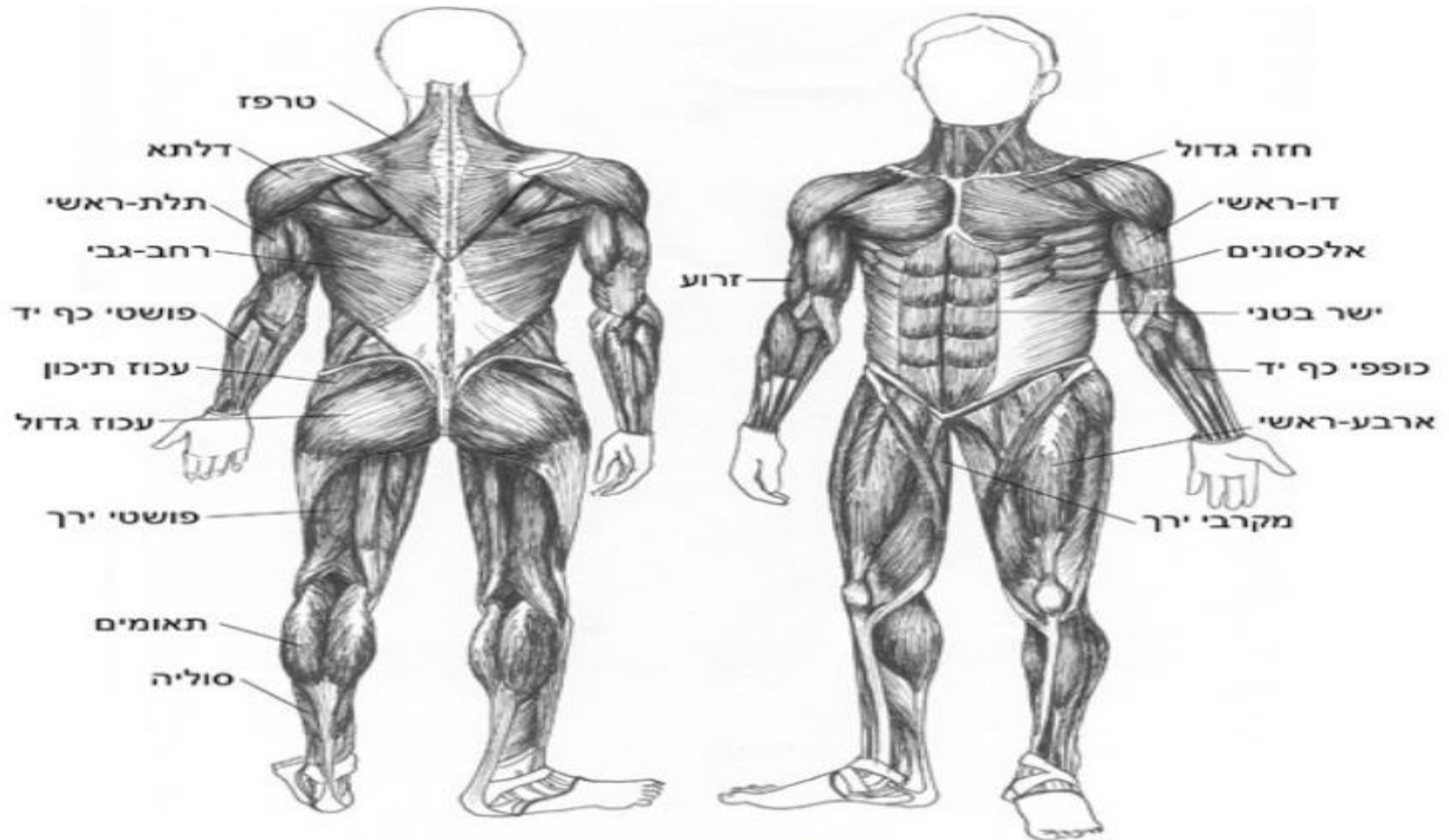
3. מגינים על איברים פנימיים,

4. מפיקים חום,

5. עוזרים בהחזרת הדם הוורידי מהגפיים התחתונים ומהבטן אל הלב

6. ומסייעים בספיגת זעזועים הנובעים מתנועות הגוף.

שריר שלד



איור 2 : שרירי שלד

מבנה מקרוסופי של שריר השלד

שרירי השלד מורכבים מתאים הנקראים גם סיבים.

תאי השריר בנויים בצורת גליל ומשתרעים לכל אורך השריר. אורכם יכול להגיע למספר רב של סנטימטרים.

מספר תאי השריר בשריר מסוים נקבע בהתאם לתפקיד ולכמות הכוח שעליו לפתח.

לדוגמה, בשריר הדו-ראשי של הזרוע ישנם כ- 580,000 תאי שריר, ובראש הפנימי של שריר התאומים ישנם כ- 1,000,000 סיבי שריר.

לשרירים ישנו מבנה ברור ומוגדר המודגם בשקופית הבאה

השריר כולו עטוף ברקמת חיבור (אפימזיום)

ומחולק לצרורות תאי שריר, שכל אחד מהם עטוף ברקמת חיבור נוספת

(פרימזיום). בתוך צרור כזה ניתן למצוא מסיב שריר אחד ועד מאות סיבים.

מבנה מקרוסופי של שריר השלד



מבנה מקרוסופי של שריר השלד

רקמות החיבור שייכות למרכיבים האלסטיים של השריר ומהוות כ- 30% ממשקלו.

לרקמות החיבור תפקיד חשוב ביצירת המבנה של השריר ובפעולתו.

הן משמשות מצע שבו עוברים כלי הדם והעצבים, והן משפיעות מאוד על גמישות המפרקים.

כמו- כן ישנה סברה שרקמות החיבור קשורות בכאבי שרירים מושהים, שמורגשים בימים הראשונים שלאחר מאמץ קשה.



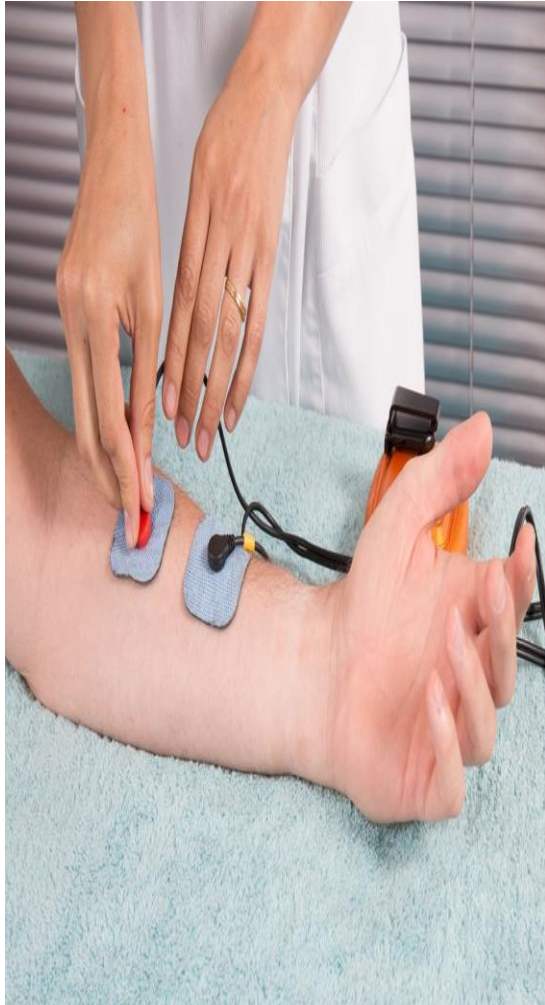
תצפית בתא שריר

- תא שריר, אורכו מגיע ל- 10 מ"מ (=10,000 מיקרומטר)



- תפקידם של השרירים להניע את הגוף. בתאי השריר יש אברוני מיטוכונדריה רבים, המספקים אנרגיה רבה הנחוצה למילוי תפקידם. מבנה: צורתם מוארכת והם גמישים ויכולים להתכווץ ולהתקצר וגם להתרפות ולהתארך.

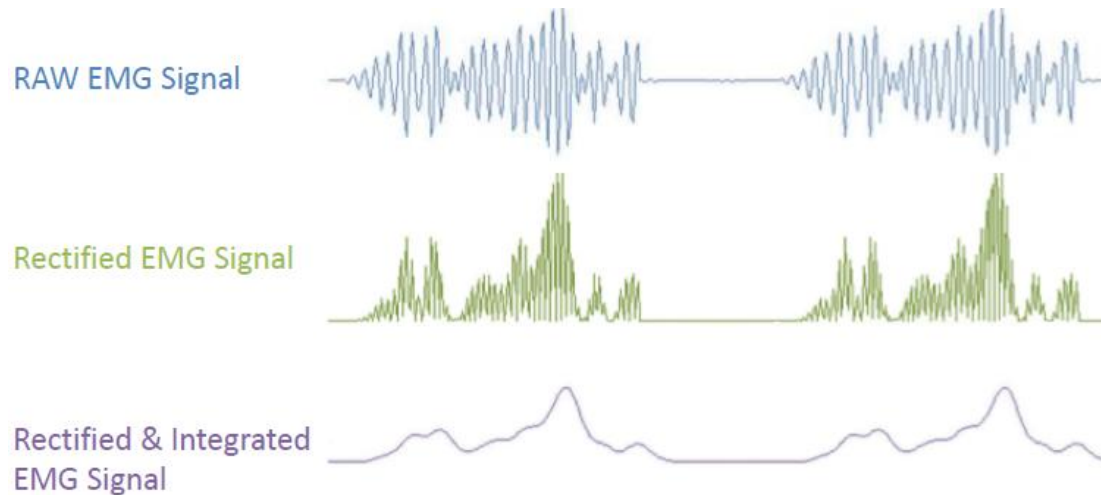
מה זה רשמת שרירים חשמלית (אלקטרומיוגרפיה EMG) ומהי בדיקת EMG?



- הוא פלט הרישום של הפוטנציאל החשמלי הנובע מפעילות שרירי השלד.
- בדיקת הולכה עצבית EMG מודדת את תגובת השריר או הפעילות החשמלית שמתרחשת בו בתגובה לגירוי של עצב המעצבב שריר מסויים. הבדיקה נועדה לסייע לאיתור של מחלות הפוגעות בשרירים.
- זאת שיטה למדידת הפעילות החשמלית בתוך סיבי השריר במהלך ההפעלה. בכל פעם כאשר השריר שלך זז, סיבי השרירים שלך מופעלים עם האותות שעברו מהמוח, דרך מערכת העצבים המרכזית נוירונים המוטוריים, ולסיבי השריר. יש בדרך כלל מטענים שליליים יותר בתוך תאי השריר מאשר בחוץ, אבל פוטנציאל פעולה חיובי העובר לאורך של סיבי השריר כאשר שרירים מתכווצים.
- ה-EMG כרוך במדידת פוטנציאל הפעולה החיובי הזה העובר לאורך סיבי השריר במהירות של 2-6 מטר לשניה. ההבדלים הרגעיים האלה במטען החשמלי ניתן לגלות בין שתי אלקטרודות (או יותר) הממוקמות לאורך מסלול זה. את האות החשמלי הזה ניתן להגביר ולדכא רעשים באמצעות מגבר הפרש. ה-EMG יכול להראות את עוצמת, משך, ואת הסדר של התכווצויות שרירים.

סיגנל מעטפת EMG לעומת סיגנל EMG גולמי

חיישן השריר שנשתמש איתו נועד לעבוד עם בקר ארדואינו ולכן האות החשמלי שנקבל הוא לא יהיה אות גולמי (RAW signal) ישירות מהחיישן אלה אות שהוא כבר מוגבר, חתוך (rectified) כך שרואים רק את המעטפת (envelop signal).



רשימת ציוד נדרש ורשימת רכיבים:

1. בקר ארדואינו UNO (או דומים לו).
2. מחשב PC עם תוכנת Arduino IDE ו תוכנת processing (לא הכרחי).
3. חיישן שריר מסוג MyoWare (אפשרי חיישני שריר אחרים הנמצאים בשוק). עלות (כ 80 ש"ח).
ניתן לרכוש קיט הכולל:



א. חיישן שריר

- ב. LED shield רוצים לראות על תצוגה את רמת הסיגנל. (לא חובה).
דוגמא לשימוש עם ה LED sheild:



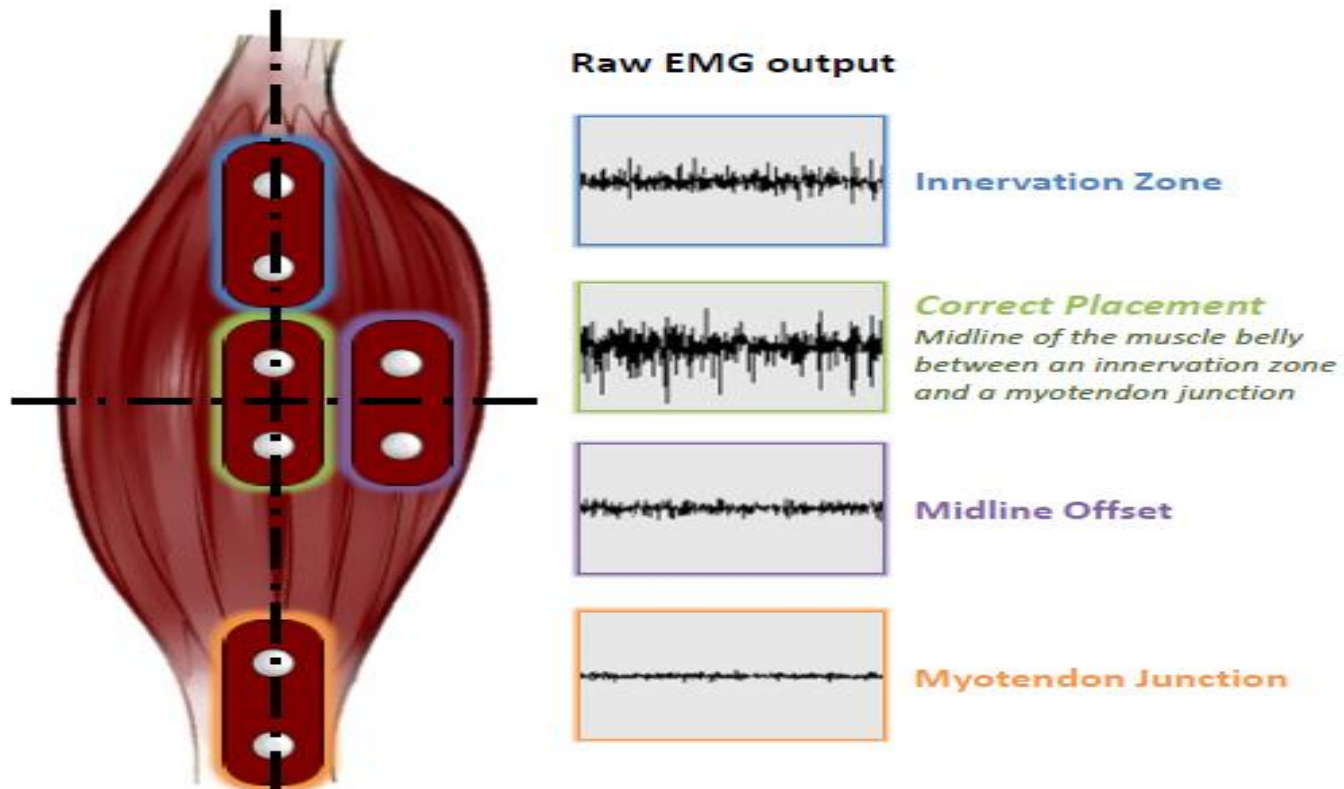
4. רפידות מדבקות ביורפואיות לאלקטרודות.
5. אוסילוסקופ.



תצורת חיבור האלקטרודות/אלקטרודות אל גוף האדם

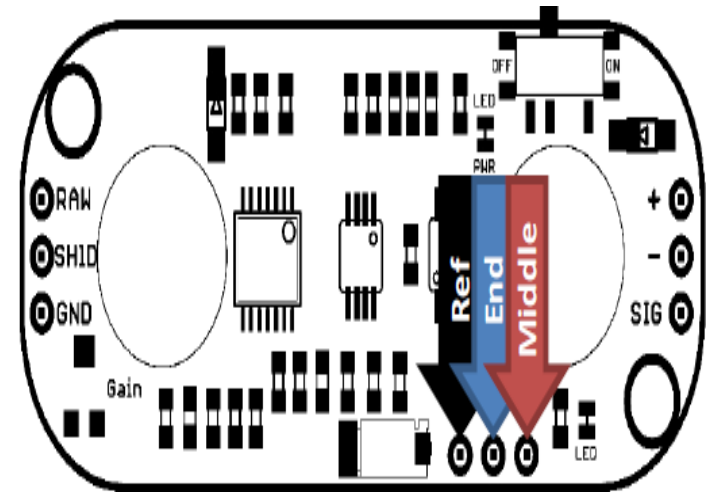
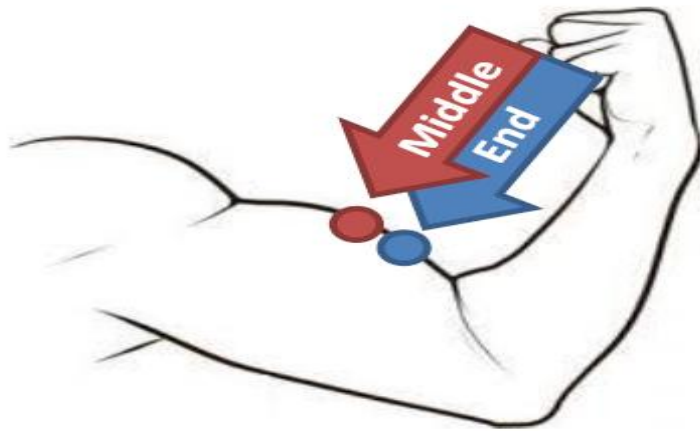
מדוע חשוב לשים את האלקטרודות של חיישן השריר במקום הנכון?

למיקום האלקטרודות החיישן יש משמעות חשובה על עוצמת האות החשמלי. האלקטרודות צריכות להיות ממוקמות באמצע של גוף השריר כמתואר בשרטוט וצריכים להיות בכיוון של סיבי השריר. מיקום חיישן השריר במקומות אחרים יקטין את עוצמת האות החשמלי ואיכות האות החשמלי.

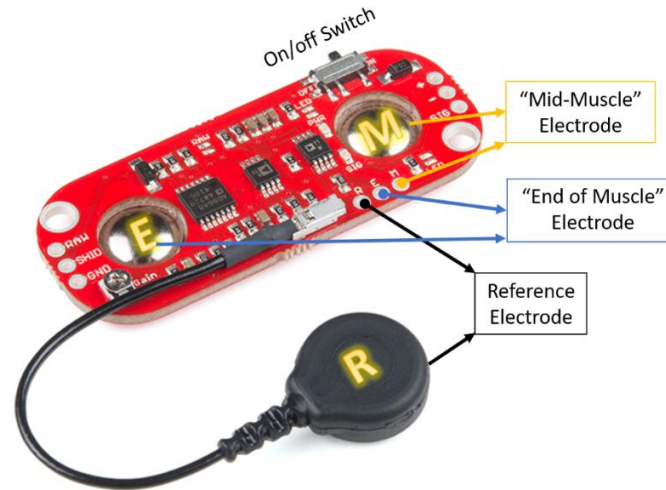


חיבור האלקטרודות אל גוף האדם

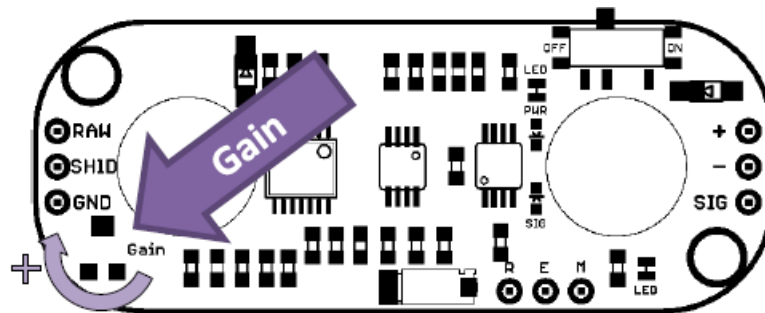
- את חיבורי האלקטרודות יש לחבר באופן הבא:
- אלקטרודה (middle): יש לחבר את מדבקת האלקטרודה באמצע גוף השריר.
- אלקטרודה (end): יש לחבר את מדבקת האלקטרודה על קו האמצע בסוף השריר.
- אלקטרודה (reference): יש לחבר בחלק אחר של גוף האדם למשל באיזור המרפק או לגוף שריר אחר.



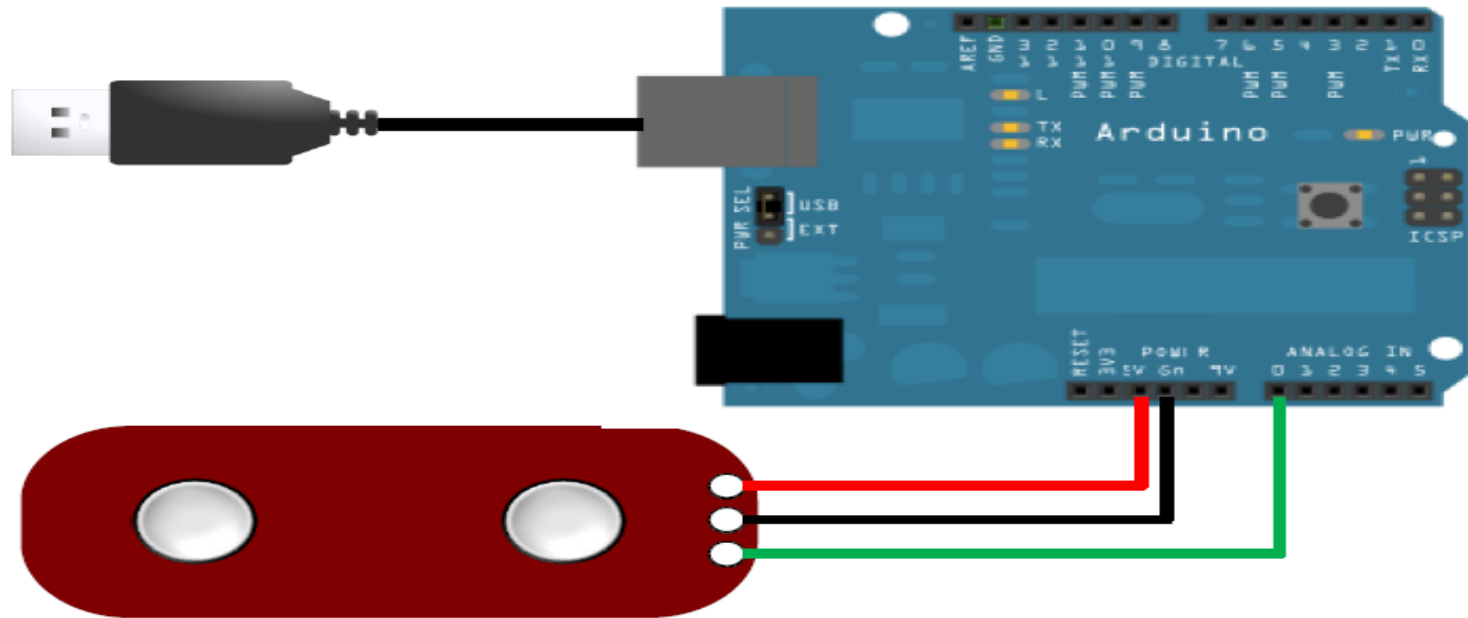
חיבור האלקטרודות אל גוף האדם



אם יש צורך ניתן להגביר את הגבר האות החשמלי
באמצעות פוטנציומטר המופיע בשרטוט.

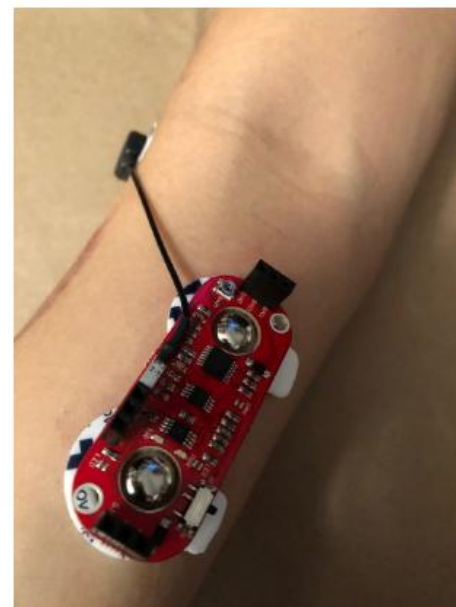
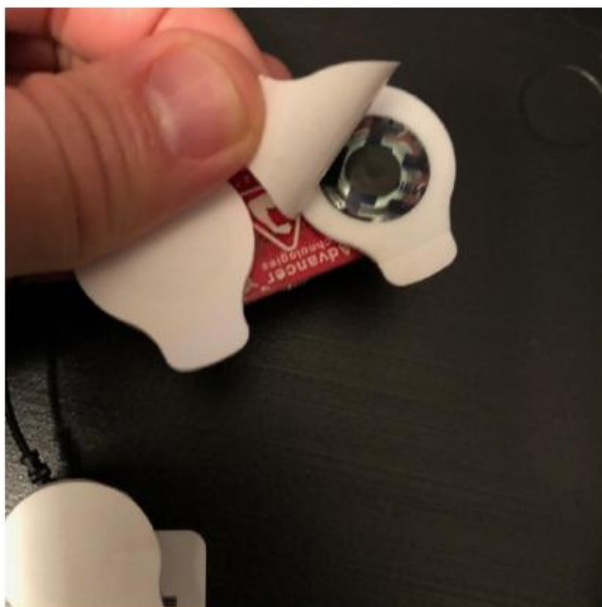


חיבור חיישן השריר:



- א. יש לחבר לחיישן שריר מתחי אספה של 5 וולט ואדמה מבקר הארדואינו.
- ב. האות החשמלי שמגיע מחיישן השריר יש לחבר לרגל אנלוגית מס' 0.

חיבור חיישן השריר:



מהלך ניסוי

- ✓ יש לחבר את חיישן השריר כמופיע באיור כאשר כל שלושת האלקטרודות מחוברים ה Reference electrode, end of muscle electrode, mid muscle electrode
את חיבורי האלקטרודות יש לחבר באופן הבא:
- ✓ אלקטרודה (middle): יש לחבר את מדבקת האלקטרודה באמצע גוף השריר.
- ✓ אלקטרודה (end): יש לחבר את מדבקת האלקטרודה על קו האמצע בסוף השריר.
- ✓ אלקטרודה (reference): יש לחבר בחלק אחר של גוף האדם למשל באיזור המרפק או לגוף שריר אחר.
- ✓ יש לחבר לחיישן שריר מתחי אספה של 5 וולט ואדמה מבקר הארדואינו.
האות החשמלי שמגיע מחיישן השריר יש לחבר לרגל אנלוגית מס' 0.

קוד ארדואינו לקריאת האות החשמלי:

```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}
// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V):
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(voltage);
}
```

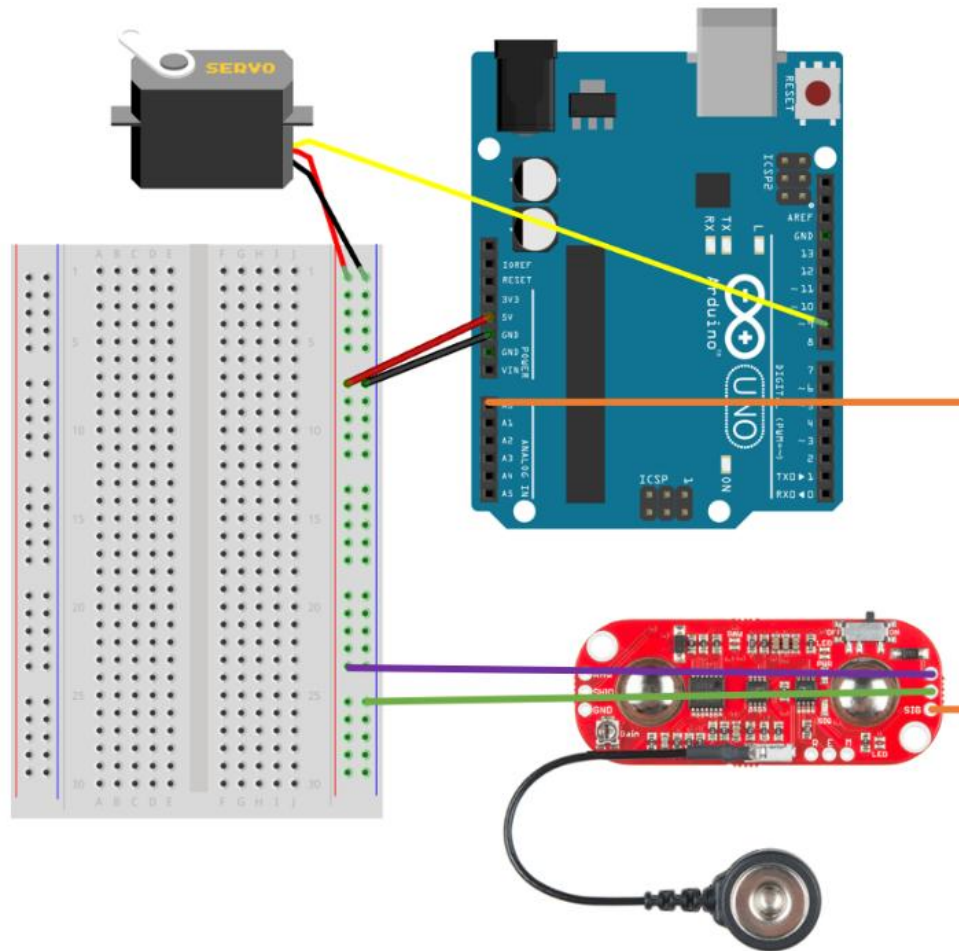
ביצוע מדידות וניתוח תוצאות

רשמו את תוצאות הערכים שאתם מקבלים מהבקר
כאשר אתם מפעילים את השריר וכאשר אתם
משחררים את השריר.

שליטה על מנוע סרוו באמצעות חיישן EMG

- אנו נחבר את המעגל כמתואר באיור הבא אנו נשתמש בערכים האנלוגיים שנקבל מחיישן השריר EMG (0-1023), ונמיר את הערכים לתחום של זוויות בין 20-160 מעלות אם אות ה EMG מעל הסף (במקום 0-180 מעלות, 20-160 מעלות בשביל למנוע ממנוע הסרוו לבצע שינויים חדים לא רצויים). במצב שהשריר במנוחה מנוע הסרוו ישאר בזווית של 20 מעלות עד אשר נכווץ את השריר ויהיה לנו אות חשמלי גבוהה מספיק שיזיז את מנוע הסרוו. באמצעות המוניטור הסיריאלי נוכל לראות ולהתעדכן על מצבו של המנוע.
- עשינו השהייה בכוונה של שנייה על מנת שנוכל לראות את התנועה של הסרוו באופן לא רציף, תנסו לשנות את זמן ההשהיה או זוויות מנוע הסרוו וראו איך הוא עובד באופן שונה.

שליטה על מנוע סרוו באמצעות חיישן EMG



קוד ארדואינו

```
#include <Servo.h> // Using the Servo library

Servo elbowJoint; // Naming our servo 'elbowJoint'

int EMGsig; // Store the EMG signal value

int servoPosition; // The position (angle) value for the servo

int threshold = 300; // Move the servo when EMG signal is above this threshold. Remember it ranges 0–1023.

void setup() {

  Serial.begin(9600); // Starting the communication with the computer

  elbowJoint.attach(9); // Tell the servo it is plugged into pin 9

}
```

קוד ארדואינו

```
void loop() {  
    EMGsig = analogRead(A0); // Read the analog values of the rectified+integrated EMG signal (0–1023)  
    if (EMGsig < threshold){ // If EMG signal is below the threshold  
        servoPosition = 20; // Servo will remain at 20 degrees.  
    } else{ // If the EMG signal is above the threshold,  
        servoPosition=map(EMGsig,threshold,1023,20,160);  
        // The servo angle will be mapped with the EMG signal,  
        // changing the range of 300(our threshold)-1023 into the range of 20-160 degrees.  
        // 20 and 160 can be switched depending on which direction of rotation you want.  
    }  
}
```

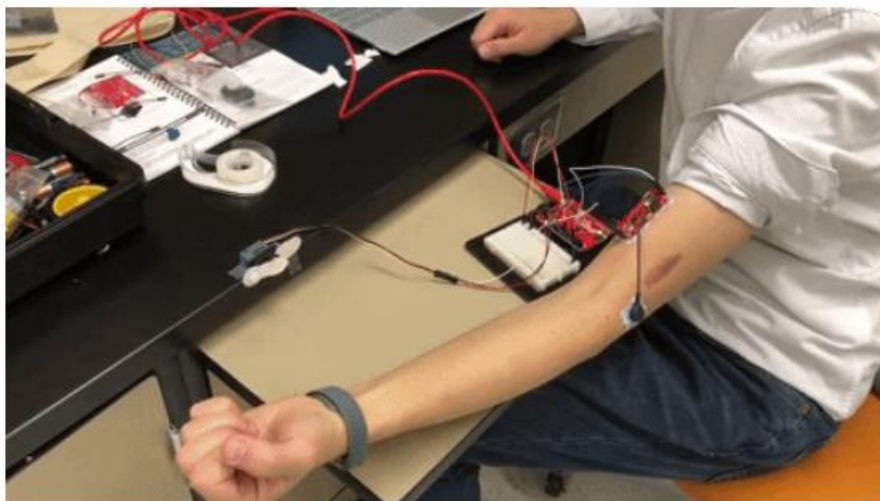
קוד ארדואינו

```
elbowJoint.write(servoPosition); // Move the servo to the 'servoPosition' degree
```

```
Serial.print(servoPosition);Serial.print(" degrees, with EMG: ");Serial.println(EMGsig); // Display the servo and  
EMG values.
```

```
delay(1000); // 1 second (1000ms) delay to not cause it to move as frantically. But this can be adjusted as you  
like.  
}
```

תוצאות הניסוי



```
COM3
Send
115 degrees, with EMG: 792
87 degrees, with EMG: 650
64 degrees, with EMG: 530
29 degrees, with EMG: 348
20 degrees, with EMG: 273
55 degrees, with EMG: 481
98 degrees, with EMG: 704
119 degrees, with EMG: 812
127 degrees, with EMG: 856
131 degrees, with EMG: 878
131 degrees, with EMG: 874
125 degrees, with EMG: 845
117 degrees, with EMG: 804
114 degrees, with EMG: 786
110 degrees, with EMG: 768
 Autoscroll  Show timestamp
Newline 9600 baud Clear output
```

לסיכום

נתוני ה EMG מספקים לנו מידע של אותות חשמליים שמראים לנו מתי וכמה השריר מכווץ.