

מטלת סיום השתלמות ביו-רפואה -טכניון

שם המטלה: מבנה הלב ופעולתו

ומכשיר אקג

מגשים:

אברהם עמרני ת ז 57157570 אורט עפולה

דויד ארבע ת ז אורט עפולה

לירון עמר ת ז 031579030 אורט בית שאן

המטלה מבוססת בעיר על הרצאתו של פרופסור אמיר לנדסברג
הפקולטה ביו-רפואה בטכניון, בתחילת הקורס

כמו כן נעשה שימוש באינטרנט באתרים של מבנה הלב ופעולתו

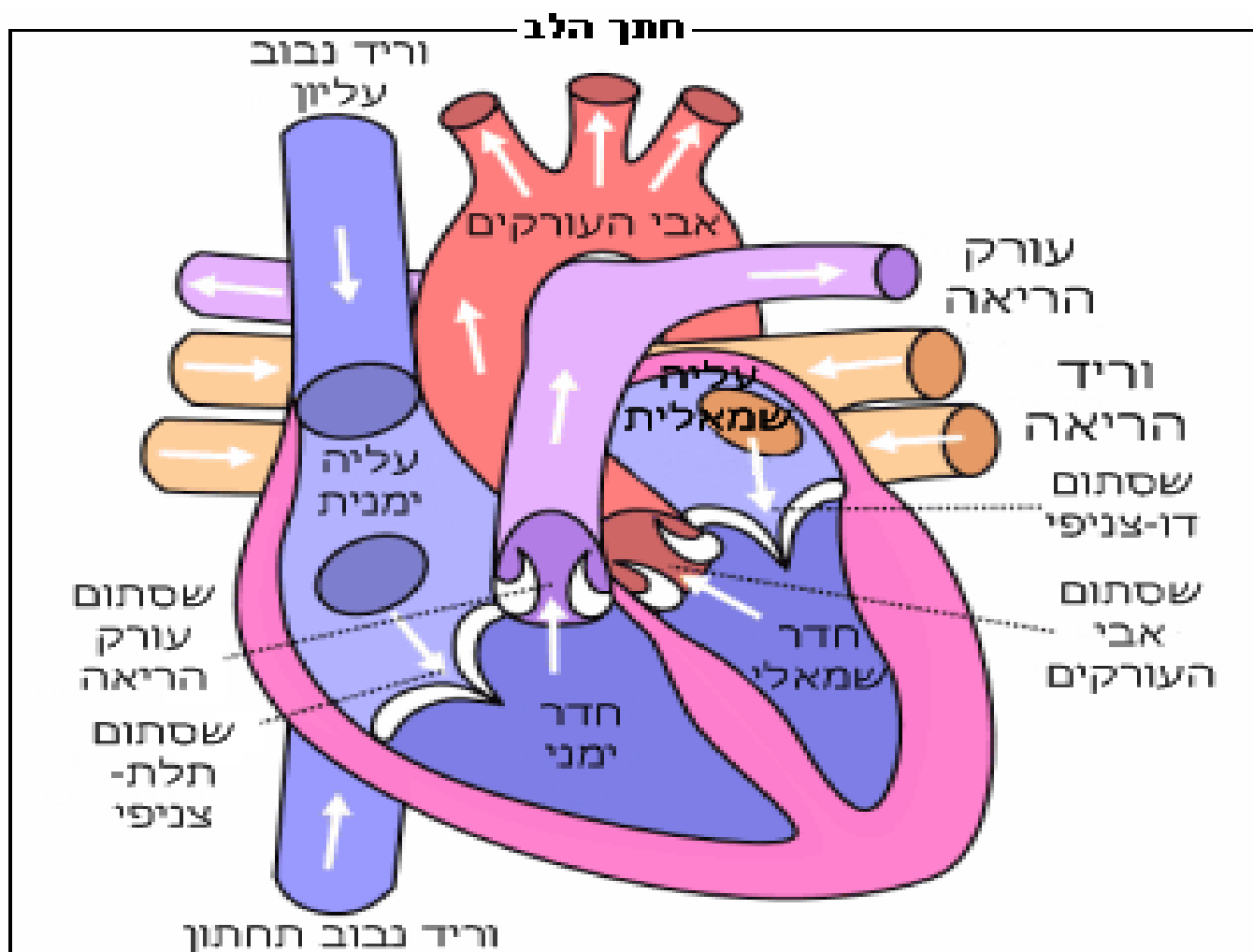
אנו רוצים להודות על הנושאים המעניינים ובעיקר לצוות המרצים

לומר תודה-רבה

פרק 1- מבנה הלב ופעולתו

<p style="text-align: center;">1)מבנה הלב ופעולתו 2)מכשיר ECG</p>	<p>נושא השיעור</p>	
<p>שכבת י-יא לתלמידי מגמת ביו-רפואה</p>	<p>שכבת הגיל</p>	
<p style="text-align: center;">מבנה הלב 3 שיעורים מכשיר ECG 2 שיעורים</p>	<p>משך השיעור</p>	
<p>אחד ממרכיבי מערכת ההובלה הינו הלב. הלב כמערכת מורכבת מאיברים שונים, כאשר לכל אחד תפקיד משלו. התלמידים ילמדו את המרכיבים העיקריים של מערכת הדם: הלב וכלי הדם. והכרת מכשיר ECG</p>	<p>רציונאל למורה</p>	
<p>הרצאה במסגרת השתלמות ביו-רפואה למורים –טכניון, תכנית לימודים למגמת ביו-רפואה משרד החינוך</p>	<p>הקשר לתוכנית הלימודים</p>	
<p>לב, משאבה, עליות, חדרים, וריד, עורק, מחיצה שרירית, מסתם. מכשיר ECG</p>	<p>מושגים עיקריים לשיעור זה</p>	
<p>אין צורך בידע מוקדם.</p>	<p>ידע מוקדם לשיעור</p>	
<p>סרטונים על מבנה הלב, רכיב ECG</p>	<p>חומר עזר</p>	

אופן פעולת הלב



הלב - איבר שרירי אשר מטרתו היא להזרים דם לכל חלקי הגוף דרך כלי הדם על ידי התכווצויות קצובות.

הלב מורכב משריר שבתוכו חללים. מחיצה מחלקת את הלב לצד ימין ולצד שמאל וכל צד מחולק לעלייה ולחדר.

הדם זורם בתוך הלב תמיד בכיוון אחד בזכות מסתמי הלב.

לב מורכב ברובו משריר שמתכווץ ומזרים את הדם בפעימות. הלב נח בין פעימה לפעימה. הלב מחולק לשניים על-ידי מחיצה. בצד הימני של הלב זורם דם, שהוא דל בחמצן (ועשיר בפחמן דו-חמצני), ואילו בצדו השמאלי זורם דם עשיר בחמצן. בזכות המחיצה בין שני חלקי הלב, יש הפרדה מוחלטת בין הדם העשיר בחמצן לבין הדם הדל בחמצן, ולכן הם אינם מתערבבים. בכל צד של המחיצה, צד ימין וצד שמאל, מחולק החלל לשניים – עלייה (פרוזדור) וחדר. **זרימת הדם בתוך הלב:**

השסתומים מאפשרים זרימה בכיוון אחד בלבד. הם פועלים כמו דלת שנפתחת בדחיפה רק מצד אחד, וכשדוחפים מהצד השני – היא נסגרת ואי אפשר לעבור. כאשר הלב פועם ומתכווץ, הוא מזרים את הדם באותו הכיוון תמיד.

לאחר שהדם העשיר בחמצן מגיע (מן הריאות) דרך ווריד הריאה אל העלייה השמאלית של הלב, הוא עובר אל החדר השמאלי של הלב. משם הוא מוזרם אל הגוף דרך אבי העורקים.

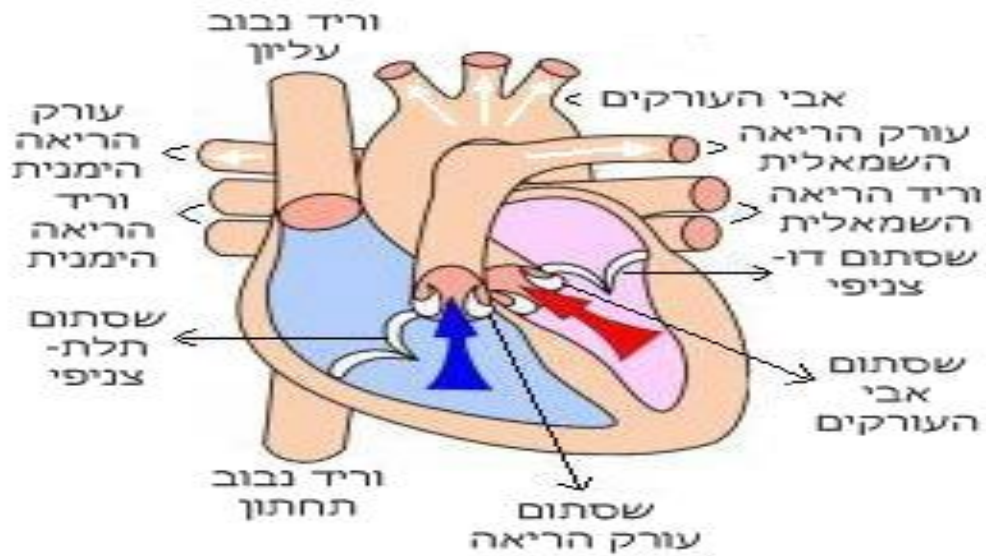
הדם העשיר בפחמן דו-חמצני (החוזר מכל חלקי הגוף), נכנס דרך הוורידים הנבובים אל העלייה הימנית של הלב ועובר אל החדר הימני. משם הוא מוזרם אל הריאות דרך עורק הריאה.

מה גורם לכך שהדם זורם תמיד רק בכיוון אחד?

בתוך הלב ובוורידים יש שסתומים (מסתמים), המאפשרים לדם לזרום רק בכיוון אחד. זוג אחד של מסתמים נמצא בין העליות והחדרים. כשסתמים אלה פתוחים זורם דם הנכנס ללב מהעליה אל החדר, גם בצד שמאל של הלב וגם בצד ימין. כשהחדרים מתמלאים ושריר הלב מתחיל להתכווץ, נסגרים המסתמים הללו ולא מאפשרים לדם לזרום מהחדרים לעליות. זוג שני של מסתמים נמצאים בין החדרים לבין העורקים הגדולים היוצאים מהם. בצד שמאל של הלב – בין החדר השמאלי ואבי העורקים ובצד ימין של הלב – בין החדר הימני ועורק הריאה. כששריר הלב מתכווץ נפתחים המסתמים האלה ומאפשרים לדם לפרוץ מהלב אל תוך העורקים אך כששריר הלב סיים את התכווצותו נסגרים המסתמים ומונעים מהדם שבעורקים לחזור לתוך הלב.

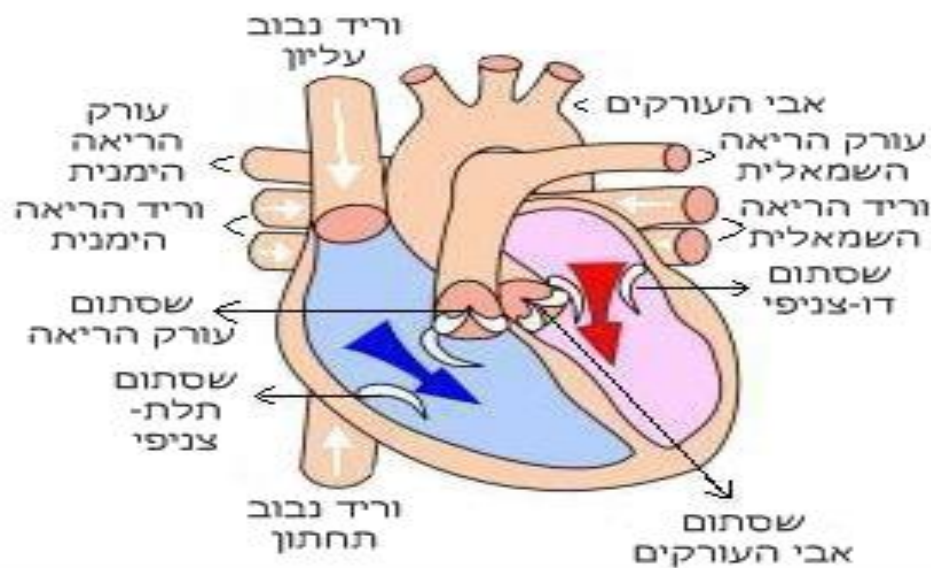
קולות הלב שאנו מכנים "דפיקות לב" נגרמים על-ידי סגירת השסתומים: **הקול הראשון** הוא קול הסגירה של שסתומי העליות בתחילת התכווצות החדרים. **הקול השני** הוא קול הסגירה של שסתומי העורקים מיד בתום התכווצות החדרים.

התכווצות הלב - סיסטולה (systole)



בשלב התכווצות הלב עובר הדם דרך המסתמים הירחיים מהחדרים לעורקים ויוצא מתוך הלב.

הרפיית הלב - דיאסטולה (diastole)



בשלב הרפיית הלב נכנס הדם לתוך הלב ועובר דרך המסתמים הצניפיים מהעליות לחדרים.

הלב מתכווץ ומזרים את הדם שבתוכו, נרפה לאחר שרוב הדם יצא ממנו ובזמן שהלב רפוי, הדם נכנס לתוכו.

סיסטולה - התכווצות הלב מכונה (systole)

דיאסטולה - הרפיית הלב מכונה (diastole)

פעולות התכווצות הלב והרפייתו נקראות יחד פעימה

לב אדם מבוגר במצב רגיל במנוחה פועם כ-70 פעם בדקה.

בכל פעימה מזרים הלב 60–100 סמ"ק

.או בזמן מנוחה בין 7000–9000 ליטר

הלב מתפקד כמשאבה שלתוכה נאסף דם והיא דוחפת אותו הלאה מכל הגוף לחלקו הימני לתוך העורקים. הלב אוסף דם עני בחמצן וקולט חמצן. שם הדם פולט פחמן דו-חמצני, ומזרים אותו לריאות לאחר מכן נאסף הדם המועשר בחמצן מהריאות לתוך חלקו השמאלי של הלב וזה מזרים אותו לכל רקמות הגוף.

מערכת הולכת הדם של הלב

מחזור הדם

מחזור הדם הוא מערכת שתפקידה לספק לכל התאים החיים בגוף את כל צורכי הקיום שלהם, באמצעות הדם. היא משמשת כמערכת של "ייבוא" ו"ייצוא" לתאים ומתווכת בין מערכות הגוף השונות. אורכם הכולל של כלי הדם בגופו של אדם יחיד הוא כ-100,000 ק"מ.

מחזור הדם מחולק לשניים:

מחזור הדם הקטן

מסלול זרימת הדם: הדם נכנס מהווריד הנבוב לעלייה הימנית וממשיך אל חדר ימין, משם הוא זורם לריאות דרך עורק הריאה המתפצל לשניים (עורק אחד לכל ריאה), ומובל לנאדיות הריאה, מהן הוא עובר לווריד הריאה, דרכו הוא זורם לעלייה השמאלית

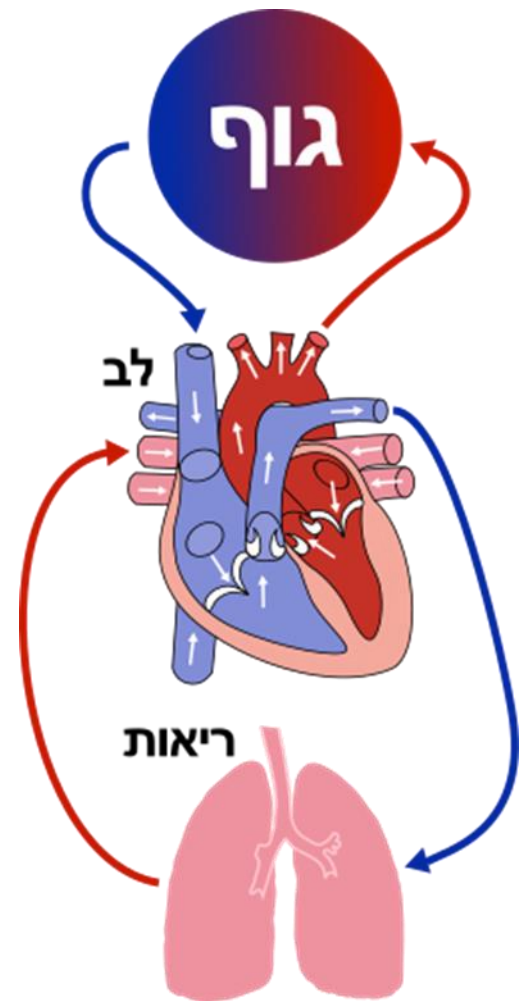
הרכב הדם: דם עני בחמצן ועשיר בפחמן דו-חמצני זורם מהלב לריאות, ודם עשיר בחמצן חוזר מהריאות ללב.

מחזור הדם הגדול

מספק חמצן לכל הרקמות בגוף.

מחזור זה מעביר **דם** בין **איברי** הגוף השונים ל**לב** ובחזרה: דם עשיר בחמצן נכנס לעליה השמאלית וממשיך אל חדר שמאל. מהחדר השמאלי יוצא הדם אל האאורטה - **אבי העורקים**. האאורטה עוברת לאורך הגוף וממנה מתפצלים **עורקים** גדולים המעבירים דם לאורך הגוף. מהעורקים מתפצלים עורקיקים ומהם נימים, המהווים חלק מהאיברים והרקמות והאחרים להעברת מזון לכל **תא** ותא

בנימים מתרחש חילוף: חמצן ומזון יוצאים מהדם ונכנסים אל התאים ואילו מהתאים יוצא **פחמן דו-חמצני**. בשלב זה הנימים מתלכדים ל**ורידונים** ומתחילים במסע חזרה אל הלב. מהוורידונים מגיע הדם לשני ורידים גדולים: ה**וריד הנבוב** העליון והוריד הנבוב התחתון, המחזירים דם לעליה הימנית של הלב. מהעלייה הימנית של הלב ממשיך הדם, שכעת עשיר בפחמן דו-חמצני ועני מאד בחמצן אל החדר הימני. מהחדר הימני הוא עובר לעורק הפולמונרי, ומעביר את הדם אל הריאות. כעת מבצעת המערכת את השלב האחרון במחזור הדם: חילוף הפוך של הגזים: חמצן נכנס מהריאות לדם ופחמן דו-חמצני נכנס מהדם אל הריאות, משם הוא נפלט החוצה. הדם, שוב עשיר בחמצן, נכנס אל העלייה השמאלית, משם אל החדר השמאלי, ובזאת מסתיים מחזור הדם.



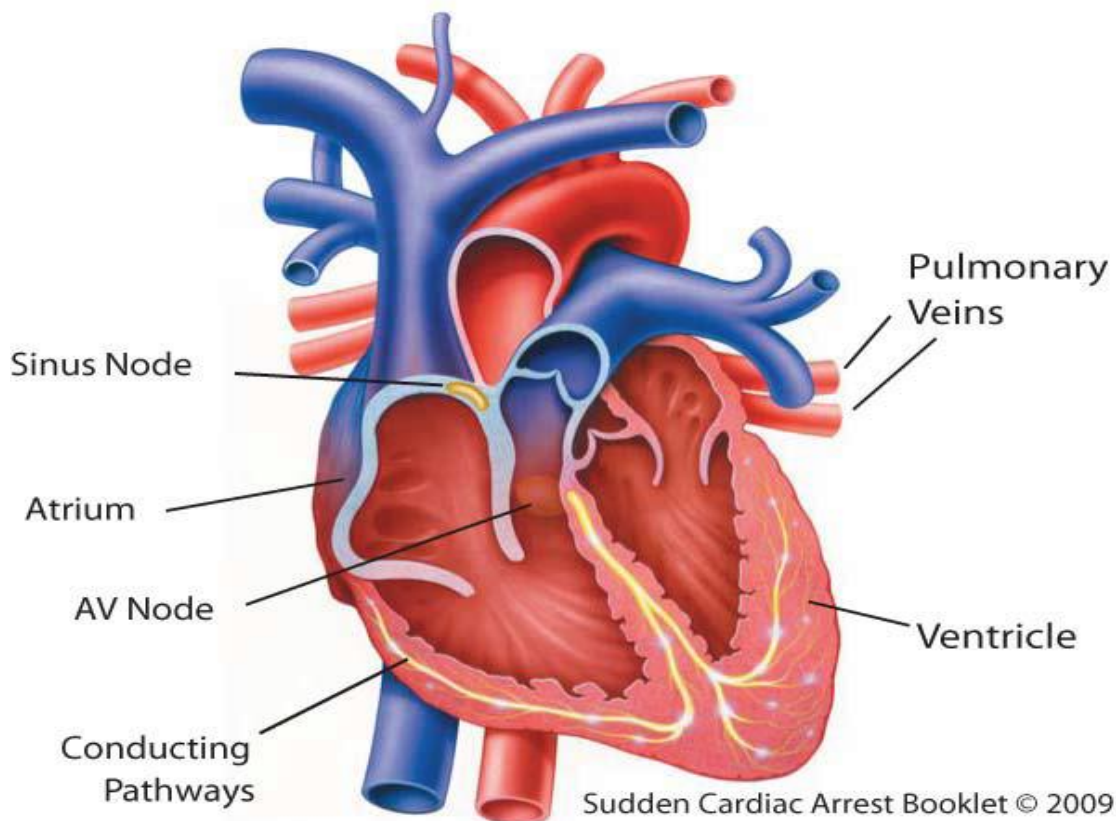
מחזור הדם: למטה המחזור הקטן (המערכת הריאתית), למעלה המחזור הגדול (המערכת הכללית הסיסטמית)

תפקודה התקין של מערכת החשמל בלב

ללב קיימת מערכת הולכת חשמל עצמאית. מערכת הולכה זו שולחת אותות חשמליים לאורך חלליו העליונים (הפרוזדורים) (והתחתונים) חדרים (של הלב ועל ידי כך יוצרים פעימות לב סדירות ומתואמות. מערכת ההולכה כוללת שני אזורים הקרויים קשרים אשר מכילים תאי הולכה ונתיבי הולכה מיוחדים אשר אחראיים על העברת האות.

פעימת הלב הטבעית מתחילה כאשר אות חשמלי נשלח מקשר הסינוס, בפרוזדור הימני. קשר הסינוס אחראי לקביעת קצב ומהירות פעימות הלב ולכן הוא מכונה גם "קוצב-הלב הטבעי".

האות החשמלי הנשלח מקשר הסינוס מתפשט ברחבי הפרוזדורים, וגורם להם להתכווץ ולהזרים דם אל החדרים. לאחר מכן, האות החשמלי מגיע אל הקשר פרוזדור-חדר, המהווה שער המאט ומוססת את האותות הנעים בין פרוזדורי וחדרי הלב. במהלך נדידת האות בנתיבי ההולכה אל חדרי הלב, הלב מתכווץ ומזרים דם לאיברי הגוף. לאחר מכן, מחזור הולכה זה שב ומתרחש בשנית



מילון מושגים

קצב לב בלתי תקין.	אריתמיה
קצב לב מואט, לרוב פחות מ-60 פעימות בדקה.	ברדיקרדיה
מצב בו הלב חדל מלפעום.	דום לב
השימוש בהלם חשמלי הנועד להשיב קצב לב מואץ לתקינותו.	היפוך
השימוש בהלם אנרגטי רב עצמה עוצמתי הנועד להשיב קצב לב מואץ לתקינותו.	דפיברילציה
מתרחש כאשר אחד משני העורקים הכליליים נחסם ע"י קריש דם. אספקת הדם לחלק משריר הלב נחסמת, ועל-ידי כך נגרם מותו של שריר הלב.	התקף לב
שני חלליו התחתונים של הלב. החדר הימני מזרים דם אל הריאות והחדר השמאלי מזרים דם לשאר איברי הגוף.	חדרי-הלב
קצב לב מואץ.	טכיקרדיה
קצב לב מואץ שמקורו בחדרי הלב אשר גורם ללב להזרים דם ביעילות פחותה, ויכול לגרום לסחרחורות, עילפון ואובדן הכרה. ללא טיפול תרופתי או מתן הלם חשמלי, עלול להתפתח פרפור חדרים.	טכיקרדיית חדרים
חלליו העליונים של הלב אשר קולטים דם מן הגוף ומן הריאות. בפרוזדור השמאלי ממוקם קוצב-הלב הטבעי (קשר הסינוס-פרוזדור).	פרוזדור
קצב לב מואץ ומסוכן אשר גורם ללב לחדול מלפעום. באמצעות מתן הלם חשמלי, ניתן להשיב את קצב הלב לתקינותו. דום לב עלול להתרחש זמן קצר לאחר פרפור החדרים ללא טיפול מהיר באמצעות הלם חשמלי.	פרפור חדרים (פ"ח)

מרכיבי מערכת הדם (סיכום)

- **אבי העורקים** (ותין) - הוא העורק הראשי בגוף, אשר ממנו מסתעפים כל העורקים במחזור הדם הסיסטמי. אבי העורקים יוצא מן החדר השמאלי של הלב, עובר בצורת קשת מעל הלב ויורד בקדמת עמוד השדרה, שם מסתעף לענפים גדולים וקטנים, עד שלבסוף מתפצל לעורקי הכסל המשותפים מעט מתחת לגובה הטבור. זהו עורק אלסטי, אשר כאשר מתמלא בדם הלחץ בו הוא הגבוה ביותר מכל העורקים האחרים בגוף. מאפיין זה מאפשר את זרימת הדם ממנו לעורקי הגוף
- **עורקים** - כלי דם גדולים בעלי שכבת שריר עבה על-מנת להתגבר על לחץ הדם הגבוה בכל התכווצות של הלב. מתפצלים לעורקיקים העוברים לאורך כל הגוף. העורקים מובילים דם מהלב אל כל חלקי הגוף.
- **עורקיקים** - כלי דם קטנים המתפצלים לנימים.

נימים

כלי הדם הקטנים ביותר במערכת ההובלה. דופןם הדק (העשוי משכבת **תאים** אחת בלבד) מאפשר **חילוף חומרים** עם התאים אשר צמודים אליהם. כמעט כל תא בגוף צמוד לנים אחד או יותר. קבוצת נימים מתאחדת ליצירת ורידון הם חשובים מאוד אך נפגעים מהר. **בריאות** הנימים נמצאים בצמוד לנאדיות הריאה, שם בין השניים מבוצע חילוף חומרים בעוד שה**פחמן דו-חמצני** (הרעיל לגוף) מועבר מהדם שבנימים אל הנאדיות וה**חמצן** (הדרוש לגוף) עובר מן הנאדיות אל הדם

- **ורידונים** - כלי דם קטנים אשר מתאחדים ליצירת וריד אחד.
- **ורידים** - כלי דם גדולים בהם ישנם שסתומים חד-כיווניים המאפשרים זרימת דם לכיוון הלב בלבד, **משאבת השרירים** מסייעת בהזרמת הדם ללב. הורידים מתאחדים מכל חלקי הגוף אל הוריד הנבוב.
- **וריד נבוב** - זהו כלי הדם הגדול ביותר אשר מוביל דם אל הלב.

פרק 2-מכשיר ECG

מערכת ההולכה החשמלית בלב בנויה מהמרכיבים הבאים:

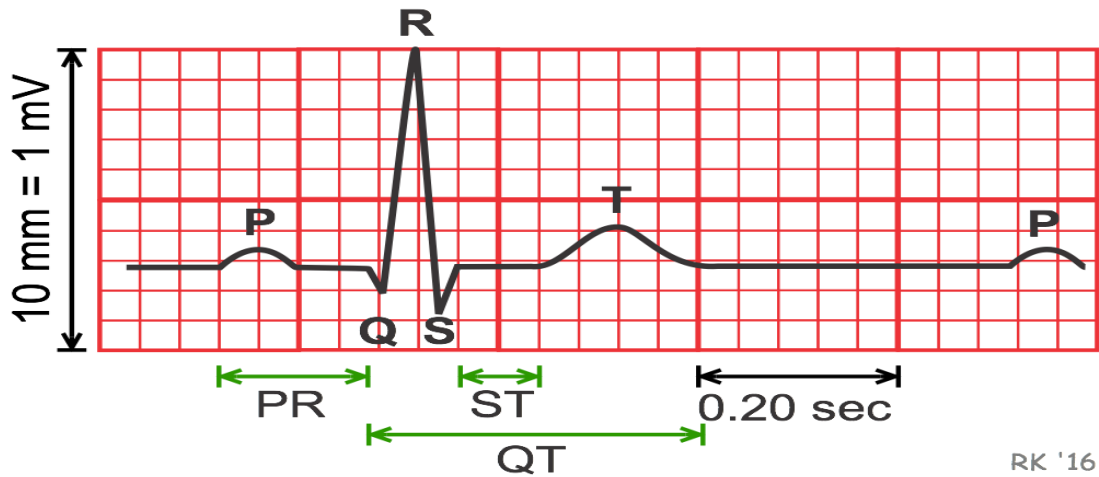
1. קוצב לב – (SA- Node Atrial Sino) ממוקם בדופן האחורי של העלייה הימנית. קוצב ראשי טבעי זה פועל באופן עצמאי כ"יצרן" דחפים חשמליים בקצב קבוע (כ- 60-80 פעימות בדקה) וכך גורם להתכווצותו הסדירה של הלב.

2. קוצב לב משני (AV-Node Ventricular-Atria) ממוקם במחיצה השרירית, בצומת שבין העליות לחדרים. קוצב זה יוצר דחפים בקצב נמוך (כ- 30-40 לדקה) ופעולתו מבוקרת ע"י הקוצב הראשי.

3. צרור היס – (bundle His) צרור של תאי שריר לב ארוכים המקובצים בצרור ולאורכם עובר האות החשמלי מהקוצב אל החדרים

4. מערכת סיבי פורקינה (fibers Purkinje) מערכת של סיבים אשר מעבירים את הדחף החשמלי בתוך חדרי הלב אל דופןותיהם.

שדה חשמלי זה מתפשט בכל הגוף, וניתן למדוד אותו במקומות שונים בגוף. אות ה-ECG הוא למעשה הפרש הפוטנציאלים הנמדד בנקודות שונות בגוף.



RK '16

באות ה ECG ניתן להבחין בשלושה חלקים עיקריים :

. גל- P גל נמוך חיובי, אשר מבטא את התכווצות העליות בלב, הוא נמשך כ- 2.0 שניות .

מרכיב QRS אשר מבטא את התכווצות החדרים . מכלול זה מבטא את סך הפעילות החשמלית של חדרי הלב החל בצרור היס וכלה בסיבי פורקינה, אורכו 06.0-10.0 שניות.:

גל – Q זיז שלילי אשר מבטא את הפעילות החשמלית במחיצת הלב .

. גל – R גל חיובי המבטא את הפעילות החשמלית בחדרי הלב .

גל – S זיז שלילי קטן יחסית המייצג את הזרם העובר בחדר הימני .

גל- T גל זה מבטא את סיומה של התכווצות החדרים ותחילתה של הרפיית החדרים. למעשה זוהי תחילת "מנוחת הלב" אשר במהלכה המערכת החשמלית של הלב חוזרת למצב מנוחה. גל זה נמשך כ- 3.0 שניות .

לאחר מכן מגיע גל ישר יחסית (פעילות חשמלית קטנה) אשר מבטא את הזמן בו הלב אינו מסוגל לקלוט גירויים חשמליים ולהגיב עליהם בפעילות חשמלית. גל זה נמשך עד לגל P הבא. צורת הגל משתנה כתלות במיקום מדידת האות, ושונה מנבדק לנבדק.

כל גל במכשיר האק"ג מתרגם את העוצמה וכיוון הפעילות החשמלית. אך אנחנו יודעים שהלב לא פועם בפעימה אחת אלא בפעימה מדורגת, תחילה העליות ורק לאחר מכן החדרים. למעשה, האות שאנו מקבלים מהמכשיר מחבר את הפעימה החשמלית המתפשטת בלב באזורים שונים

אלקטרוקרדיוגרם, (Electrocardiogram). א.ק.ג ECG

בדיקת אק"ג (E.C.G.) היא רישום מתח חשמלי בלב הנוצר כתוצאה ממעבר דחפים חשמליים מן הקוצב הראשי בלב אל העליות, הקוצב המשני והחדרים. אות אק"ג מורכב מכמה גלים המייצגים את פעולת הלב. בדיקת אק"ג עשויה לספק מידע על אודות פעילות הלב, על חסימות בעליות (במהלך או אחרי התקף לב), אי-סדירויות בזרימת הדם, מצב פיזיולוגי של אדם במהלך בדיקות מאמץ ועוד.



ECG תוצאת רישום

ניתוח האות נעשה לרוב בשיטות אנליטיות
מורכבות ומסובכות של ניתוח תדר

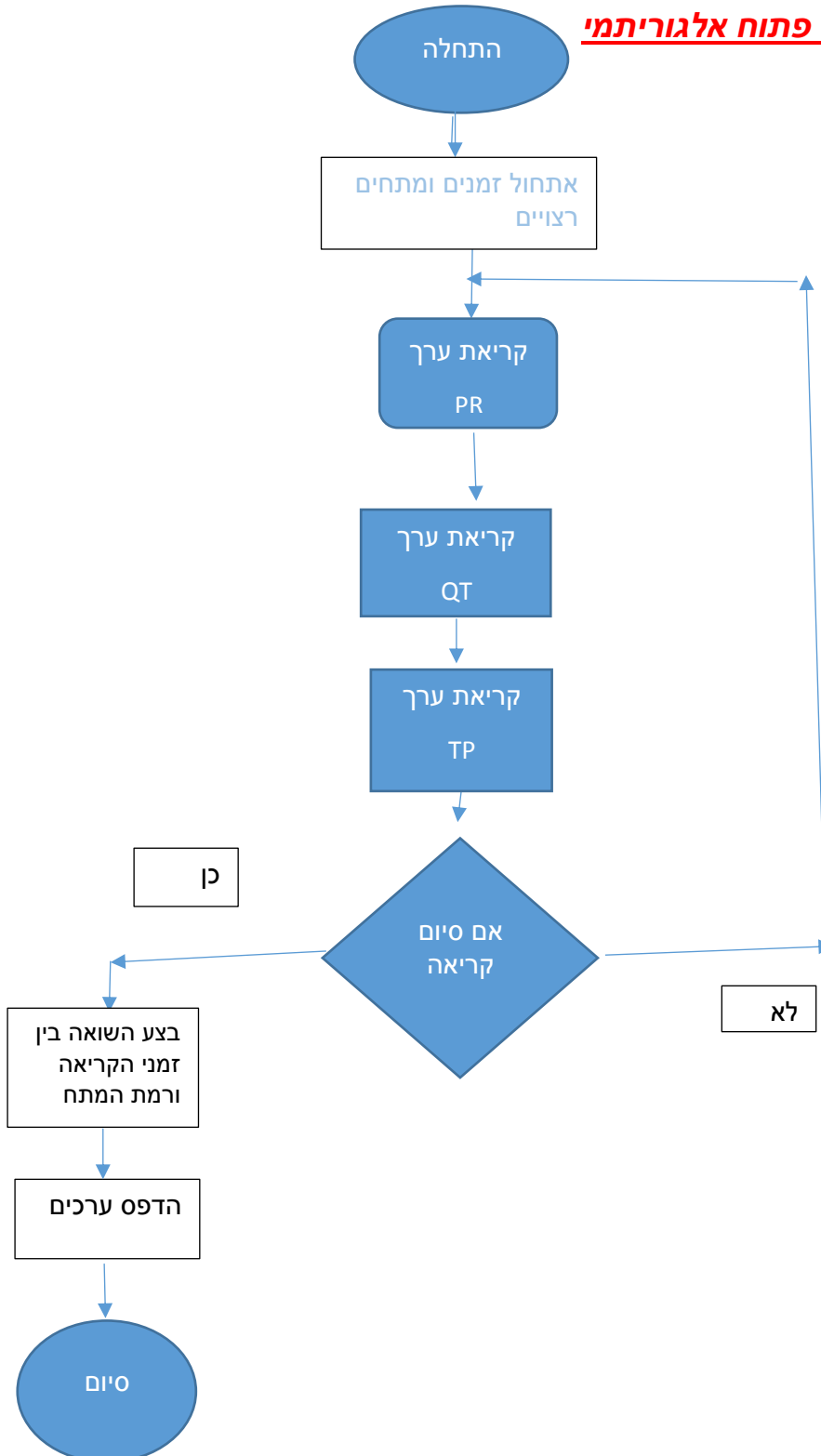
פענוח אות אקג

אפשרות 1:

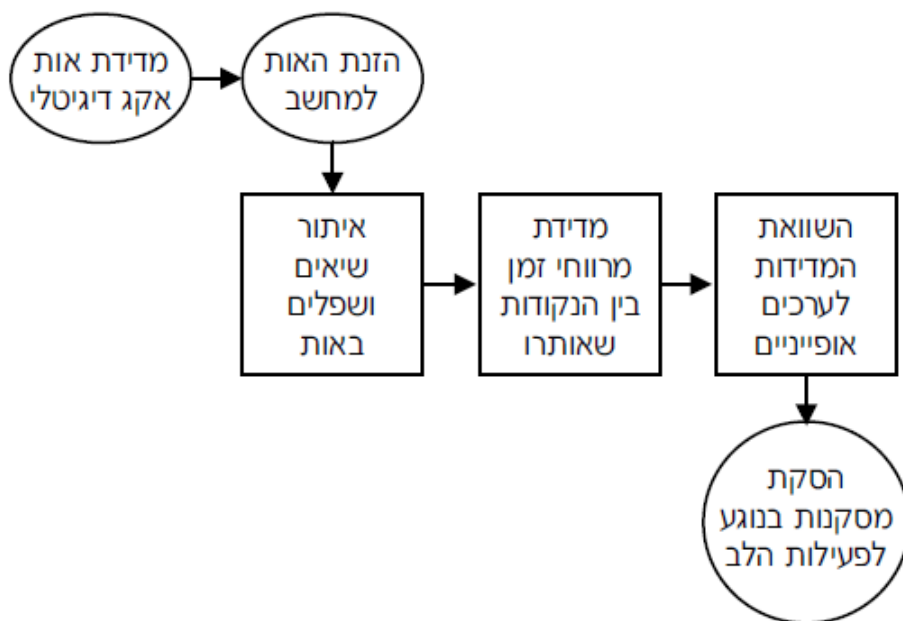
מכיוון שאנו יודעים את הזמנים של האקג הנכונים

ניתן למדוד את הערכים ולהצגים על פני צג (סקופ-דיגיטלי) למדוד את הזמנים ואת רמת המתח ובצורה זאת לדעת לפענח את מצב הלב

אפשרות 2 פתוח אלגוריתמי



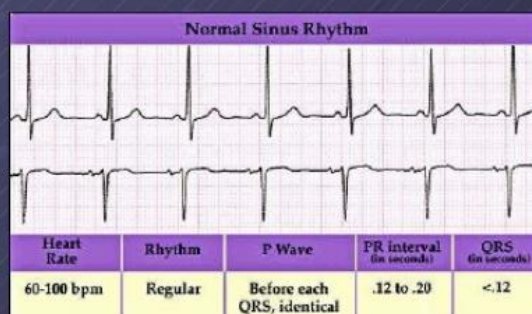
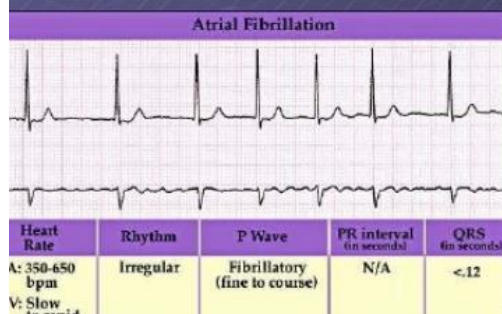
תרשים מלבנים לבדיקת אקג



פלט א.ק.ג.

פלט א.ק.ג של פרפור פרוזדורים

פלט א.ק.ג של קצב סדיר של הלב



רכיב AD8232

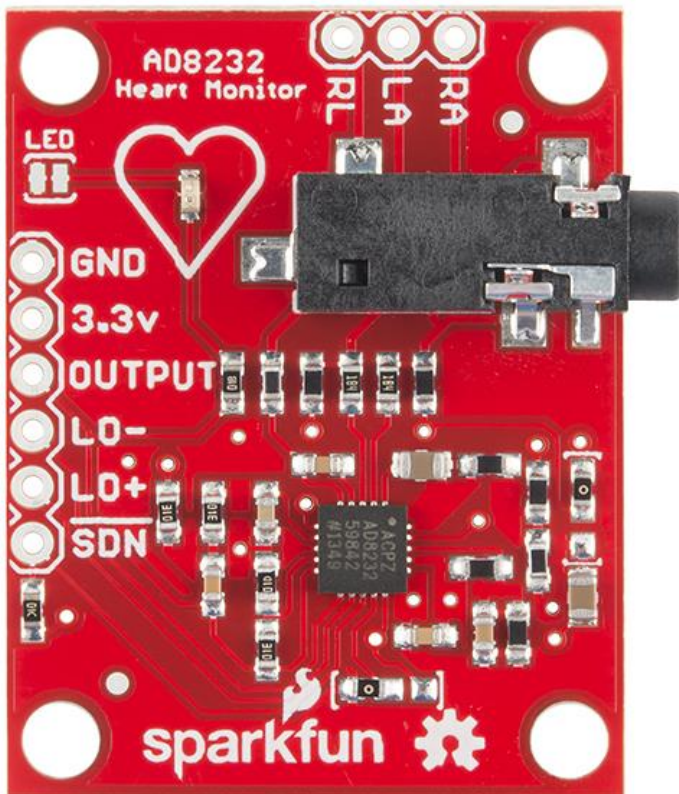
רכיב זה מאפשר חבור לאותות א.ק.ג ומדידות של מתחים דיפרנציאליים אחרים. (מתחים דיפרנציאליים- אלו מדדים שנמדדים אחד ביחס לשני ולא ביחס לאדמה). הוא מתוכנן להוציא, להגביר ולסנן מתחים אלה בסביבה רועשת כמו אלה שנוצרים בתנועה או במיקום אלקטרודה. תכנון זה מאפשר למדידות של הספקים מאוד נמוכים.

לרכיב ה-AD8232 מספר יתרונות והן:

1. יש לו זרם הספקה נמוך (170 מיקרו אמפר)
2. אפשרות לעבוד עם 2 אלקטרודות או 3 אלקטרודות.
3. הגבר גבוהה ($G=100$).
4. מכיל מסנן רעשים.

הסבר על הכניסות:

- GND - אדמה
- מתח הספקה - 3.3V
- OUTPUT - יציאה.



תמונת הרכיב AD8232

הרכיב מבוסס על AD8232 ולהלן הסבר חשמלי על המבנה הפנימי שלו:

- הרגליים המחוברות לאלקטרודות :
 רגל מספר 2 (+N) : רגל זו נקראת מגבר מכשור צד חיובי, בדרך כלל מחוברת לצד השמאל.
 רגל מספר 3 (-N) : רגל זו נקראת מגבר מכשור צד שלילי, בדרך כלל מחוברת לצד ימין.
 רגל מספר 4 (RLDFB,RLD) : רגליים שמשמשות כמשוב המחוברות בניהם בעזרת כבל, והן מחוברות באזור הגפיים בצד ימין.
- רגל 19 (iAOUT) ורגל 10 (OUT) מחוברות בניהם בעזרת כבל והן משמשות כציאה ממכשיר זה וכחיבור בכניסת הארדואין

