The background of the slide is a blurred image of an ECG (heart rate) monitor. The grid lines are visible, and a black line representing the heart rate trace is running across the middle. The text is overlaid on this background.

מבוא לאלקטרופיזיולוגיה לבבית והפרעות בקצב הלב

קורס חובשים בכירים ית"מ

2024

נכתב ונערך על ידי איתן שמשוביץ



תזכורת

- שני לבבות הם הפועמים כאחד!
- שלב הדיאסטולה = מילוי החדרים
 - 80% - הרפיית חדרים
 - 20% - כיווץ עליות
- שלב הסיסטולה = ריקון החדרים
 - כיווץ חדרים

הייחוד בתאי שריר הלב

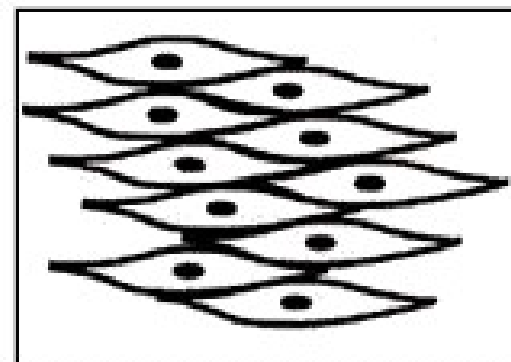
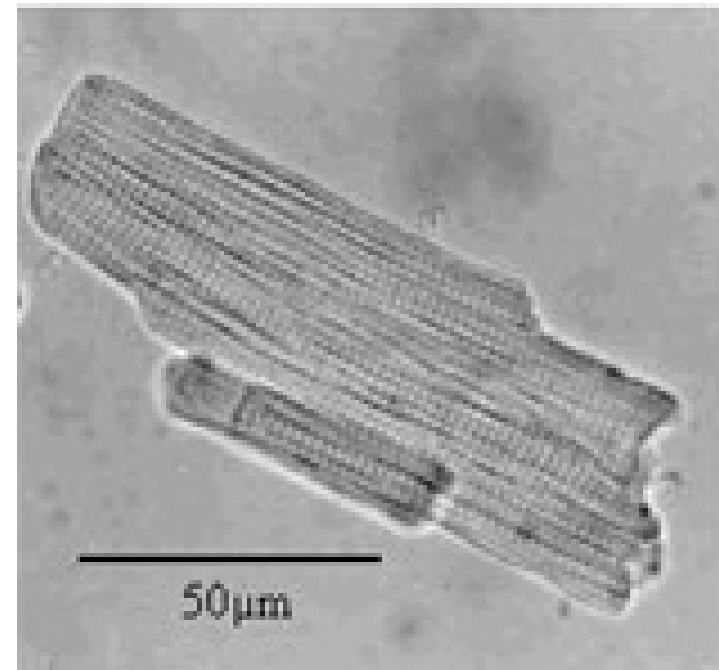
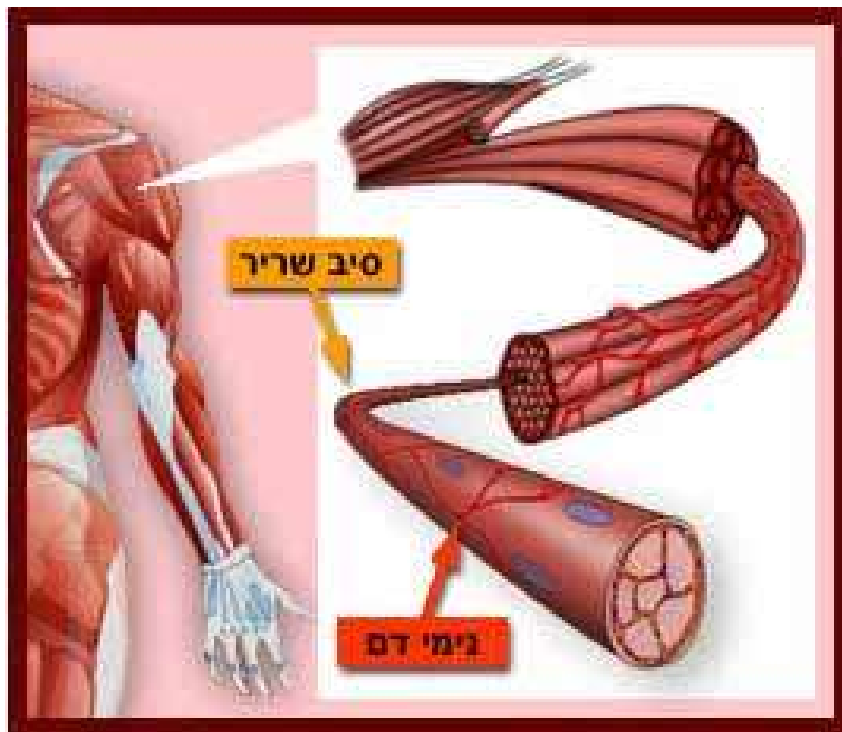
- המבנה של תאי המיוקארד והארגון שלהם נותן להם תכונות מיוחדות:

בשביל מה צריך
חשמל??

- ☐ יכולת העברת של זרם חשמלי
- ☐ יכולת שחרור של זרם חשמלי עצמוני (אוטומטיות)
- ☐ מעבר מסונכרן

- המנצחת על התהליך – מערכת ההולכה

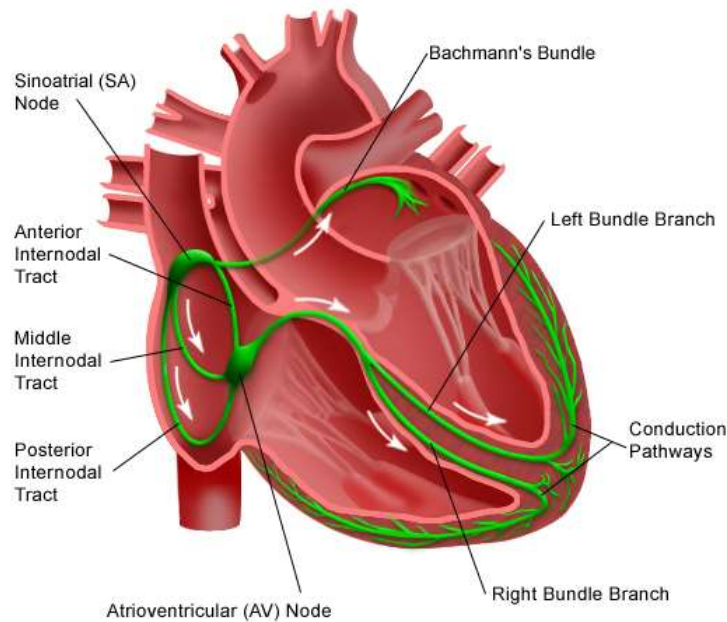
מצא את ההבדלים



Normal Muscle Structure

מערכת ההולכה החשמלית

Electrical System of the Heart



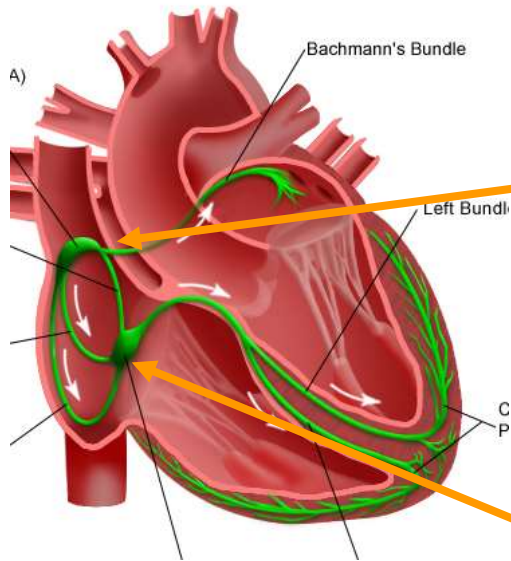
■ תפקידים:

- סנכרון העברת הזרם
- קביעת כיוון אידיאלי לזרימה
- העברת הזרם דרך המחיצה

■ תכונות:

- מהירות – המהיר שולט!
- אוטומטיות

מערכת ההולכה החשמלית (המשך)



■ גבוה יותר – מהיר יותר – חזק יותר

■ Sinoatrial node (sinus) :

□ מיקום – חלק עליון בעלייה ימין

□ קצב – 60-100 פולסים בדקה

□ דרך מסלולים משפעל את העליות

■ Atrioventricular node (AV) :

□ מיקום – חלק תחתון עליה ימין

□ משהה מעט את הזרם

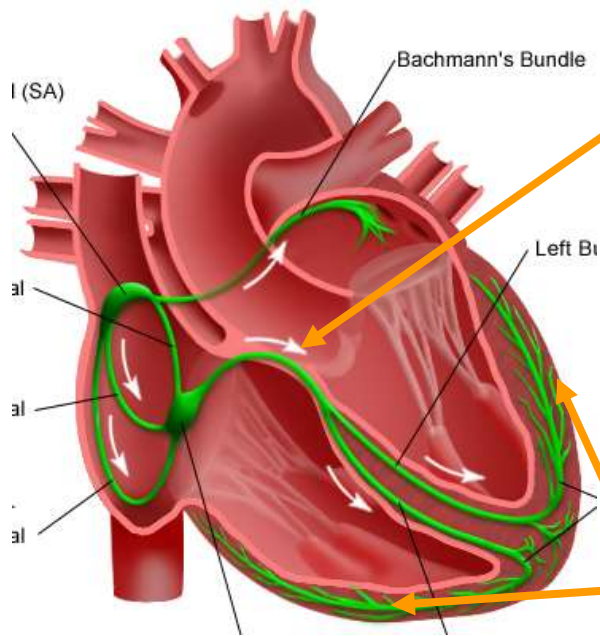
□ קצב – 40-60 פולסים בדקה

נשמע
מוכר?

יען כי
למה?

ע. ה. ח. ל. כ. ה. ח. ש. מ. ל. י. ת. (המשך)

LBB



■ הצרור ע"ש היס (Bundle):

□ העברת הזרם דרך המחיצה

□ התפצלות לסיב ימני ושמאלי

□ סיב שמאלי המעביר לימני

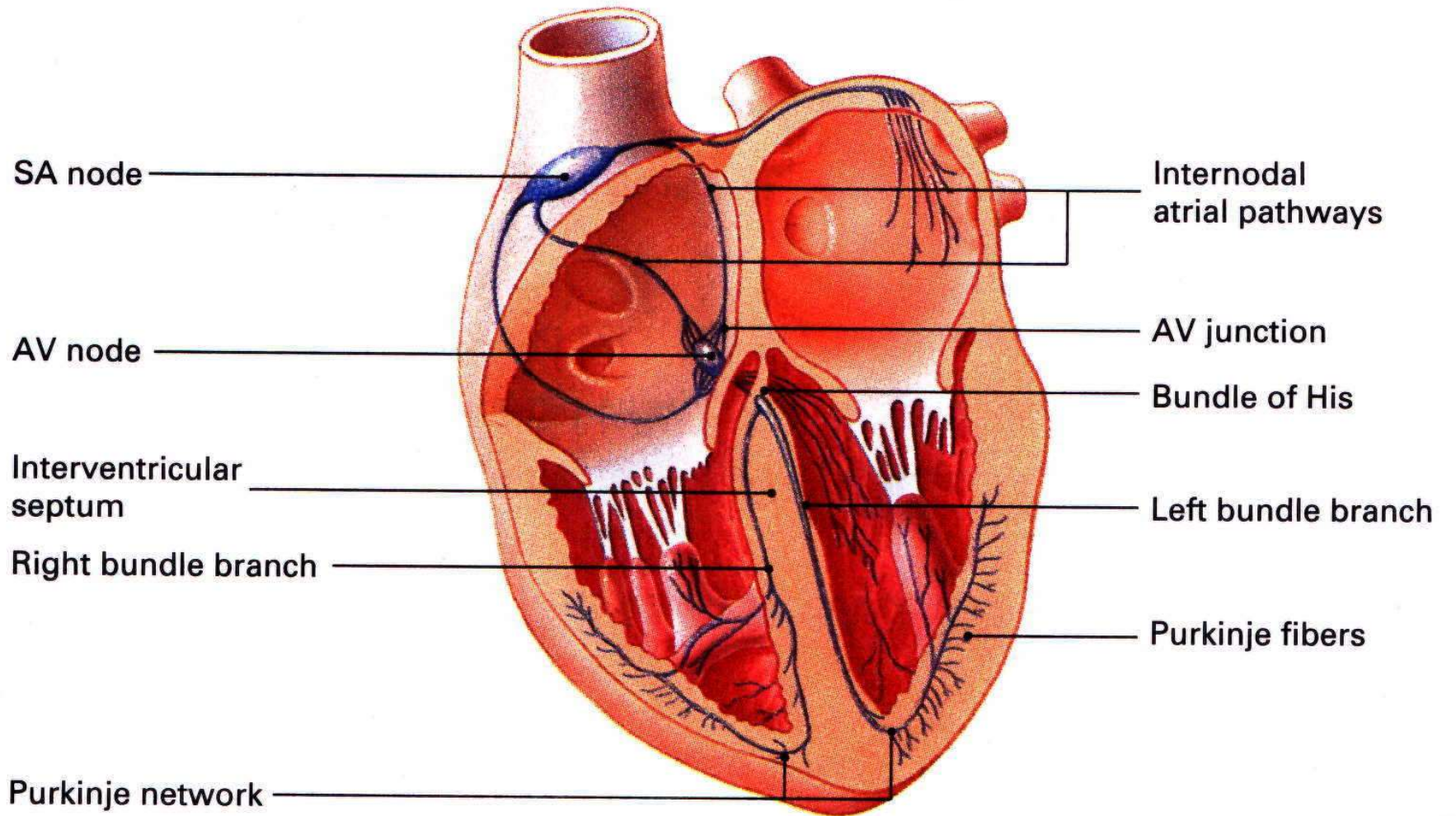
■ סיבי פורקנייה (Purkinje fibers):

□ קצב – 20-40

□ שפעול החדרים מהאפקס

RBB

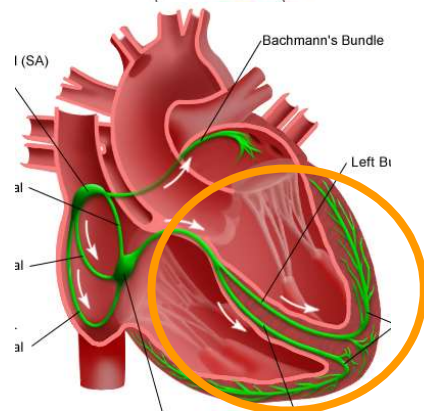
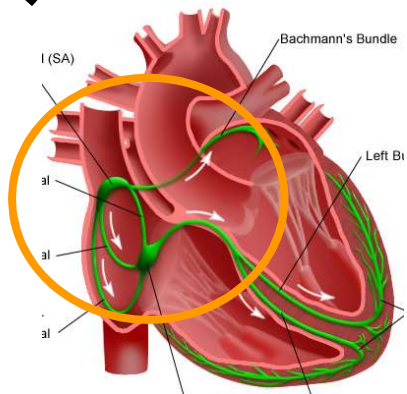
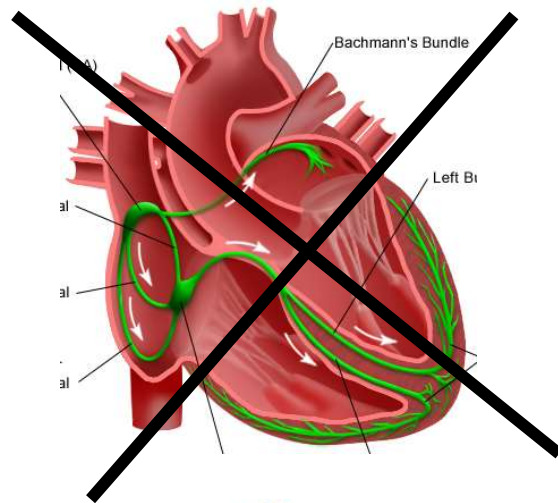
מערכת ההולכה החשמלית (חזרה)



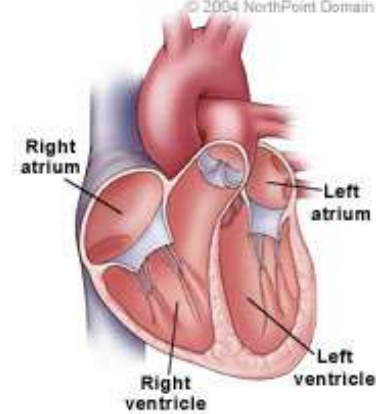


תאום חשמלי - מכני

- מעבר הזרם מהסינוס עד ה-AV יגרום לכווץ מכני של העליות מלמעלה למטה ולסיום הדיאסטולה.
- מעבר הזרם מה-AV עד סיבי פורקנייה לא יתבטא בפעילות מכאנית
- מעבר הזרם בסיבי פורקנייה יגרום לכווץ החדרים ולסחיטתם מלמטה כלפי מעלה – אל פתח האאורטה – סיסטולה
- העדר זרם – הרפיה – שלב דיאסטולי ראשון
- ייתכן קצב חשמלי ללא מכני!

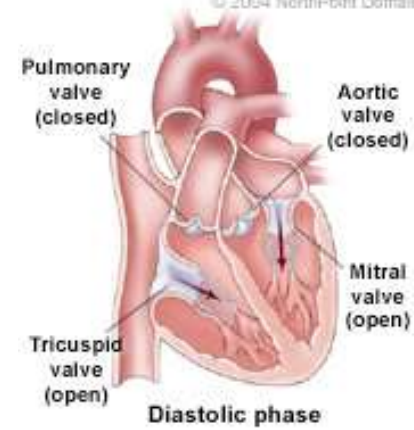


© 2004 NorthPoint Domain



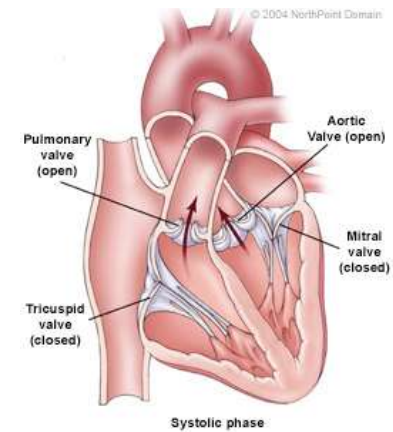
1

© 2004 NorthPoint Domain



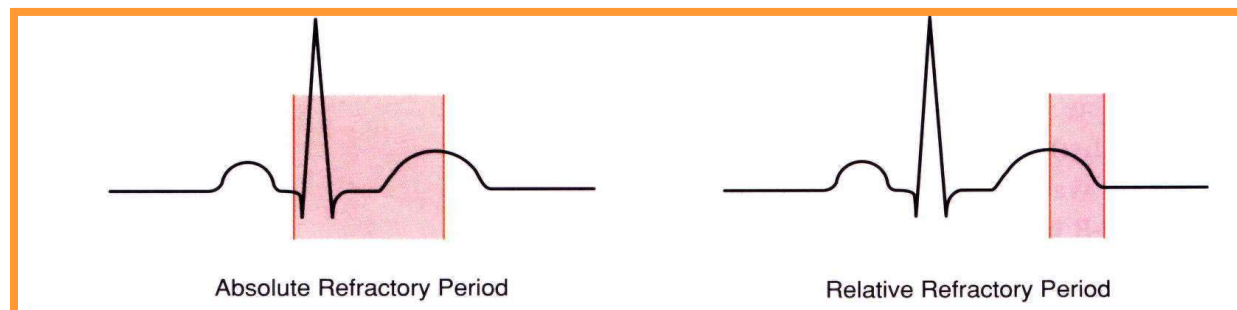
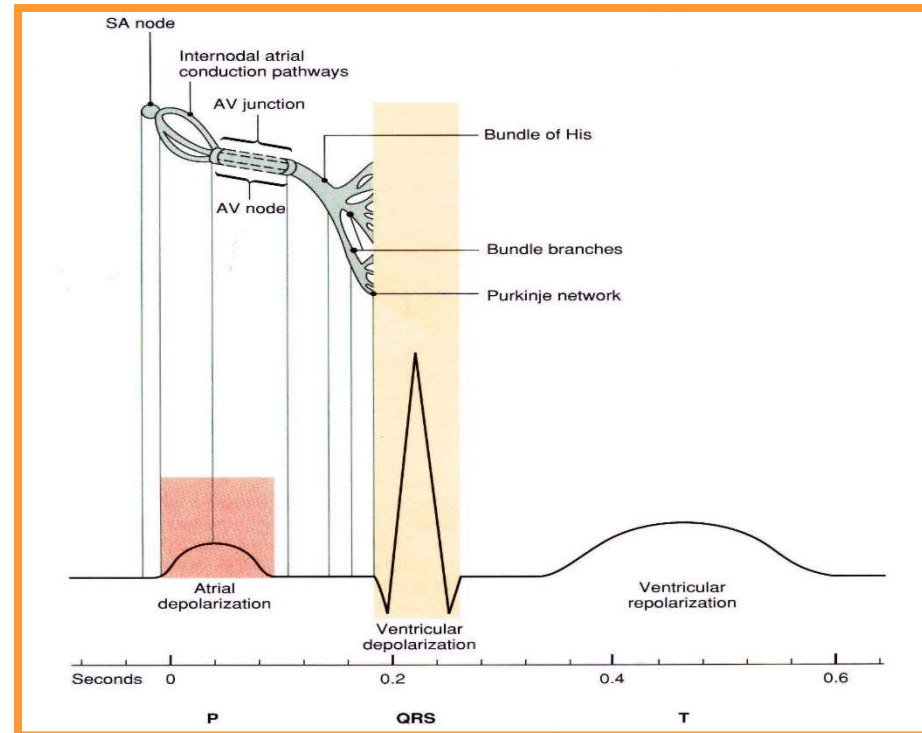
2

© 2004 NorthPoint Domain



3

משמעות הגלים והזיזים

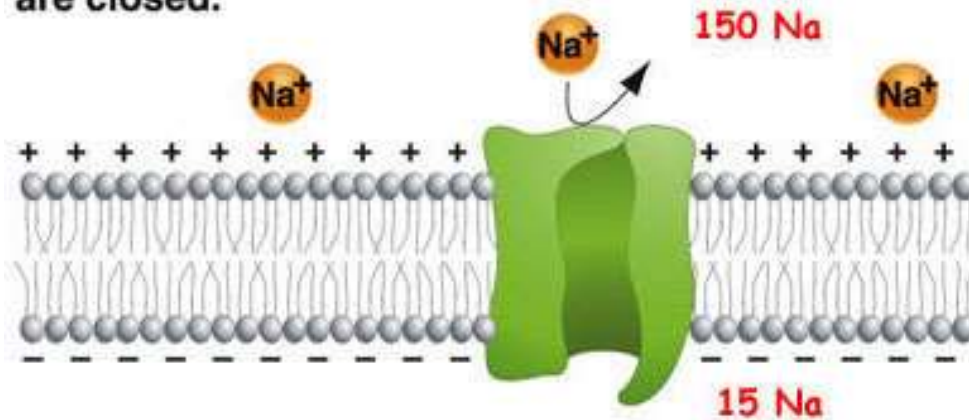




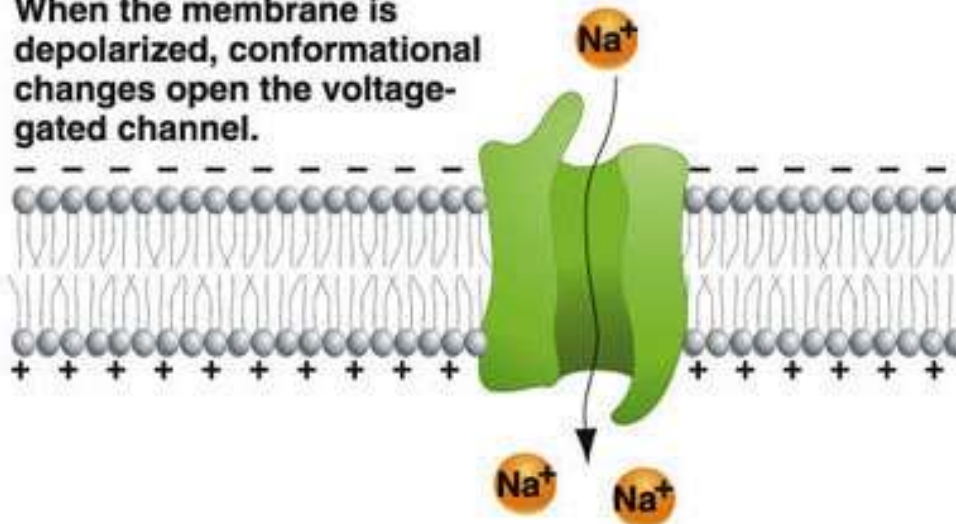
פיזיקה על אפקס המזלג

- כדי שמשו יזרום צריך להיות הפרש (מתח)
- לזרם יש כיוון (למעלה, למטה..) ועוצמה (חזק, חלש...) והוא נע מהקוטב השלילי לכיוון החיובי
- ריכוז יונים שונה משני צידי הממברנה של תאי המיוקארד גורם לכך כי במצב מנוחה חלקו הפנימי יהיה שלילי יחסית לחיצוני = מתח = פולריזציה
- הסרת המחסום יגרום בתהליך דיפוזי לתנועה לביטול המתח = דפולריזציה
- כדי להשיב את המצב לקדמותו יש להעביר יונים נגד כוח הדיפוזיה במעבר אקטיבי = רפולריזציה

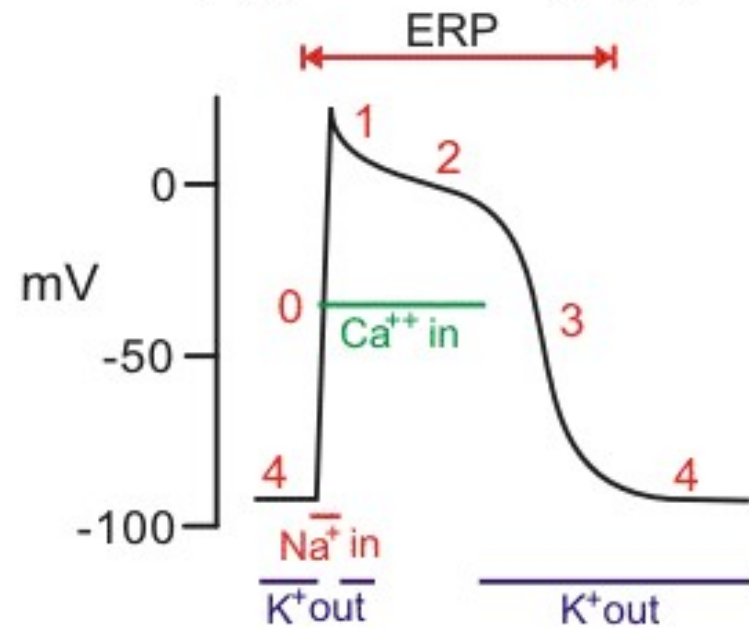
At the resting potential, voltage-gated Na^+ channels are closed.



When the membrane is depolarized, conformational changes open the voltage-gated channel.



Fast-Response Action Potential
(e.g., ventricular myocyte)



וגם קצת כימיה

■ נתרן – יון חיובי (Na^+):

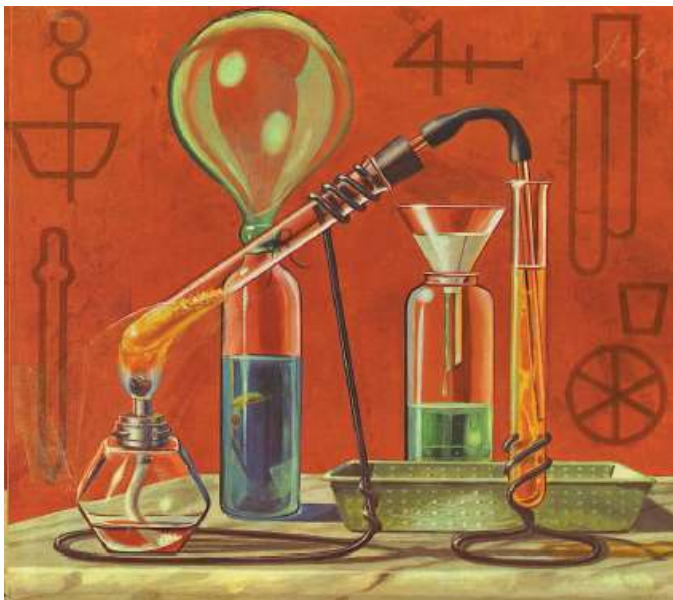
- יון מרכזי בתהליך העברת הזרם מתא לתא (דפולריזציה) בעליות ובחדרים
- זרימה מהירה

■ אשלגן – יון חיובי (K^+):

- פעילות מיוחדת להתחלת עבודת הקוצב
- יון מרכזי בתהליך הרפולריזציה

■ סידן (Ca^{++}):

- יון מרכזי בהעברת הזרם ב-AV
- זרימה איטית יותר
- משמש בתהליך התכווצות השריר





סיכום

■ שלב מנוחה – פולריזציה:

☐ אין מעבר זרם

■ שלב פעולה – דפולריזציה:

☐ תחילת התהליך ע"י אשלגן בקוצב


☐ נתרן בעליות (כווץ), סידן AV, נתרן חדרים (כווץ)

■ חזרה למנוחה – רפולריזציה:

☐ החזרה אקטיבית של היונים ושינוי המטען

☐ מוחלטת – לא ניתן להעביר זרם

☐ יחסית – ניתן ע"י זרם גדול להפעיל, מסוכן

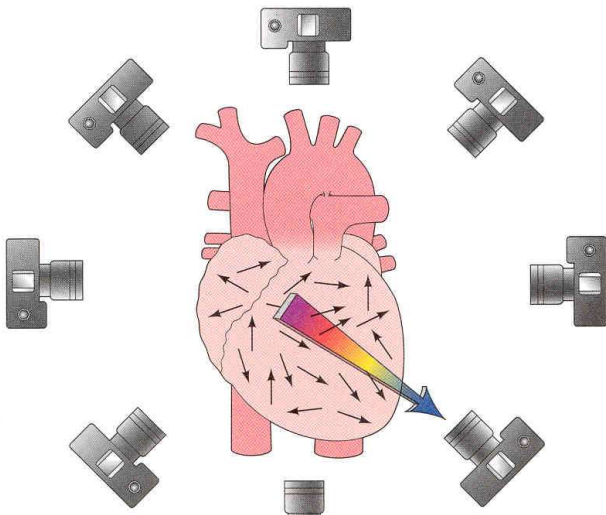


מבוא לפענוח תרשים מוניטור
או
איך אפשר לקרוא את זה?

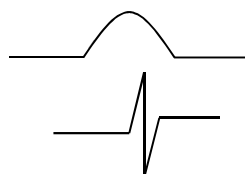
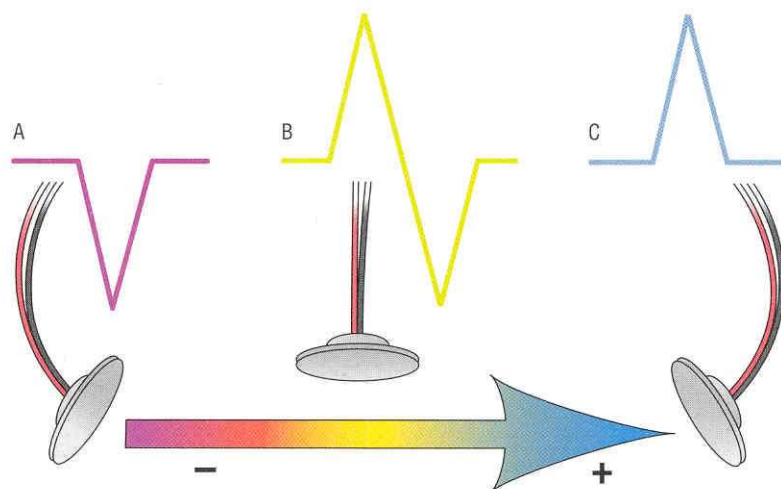
ניטור הלב

- "מבט" אל הלב מזווית מסוימת (Lead)
- רישום שינוי במתח החשמלי
- נייר זז במהירות קבועה – 25 mm/sec (50)
- אותה פעימה תראה שונה בלידים שונים
- 6 לידים של הגפיים
- 6 לידים של החזה
- טרמינולוגיה:

- מוניטור – ניטור הקצב והפרעות בו בלבד
- אק"ג – כנ"ל + איסכמיה, MI וכדומה..



ניטור הלב (המשך)



שיטת הרישום:

- ☐ גלים וזיזים במעבר של זרם.
- ☐ גל – זרם איטי.
- ☐ זיז – זרם מהיר.

גל / זיז חיובי:

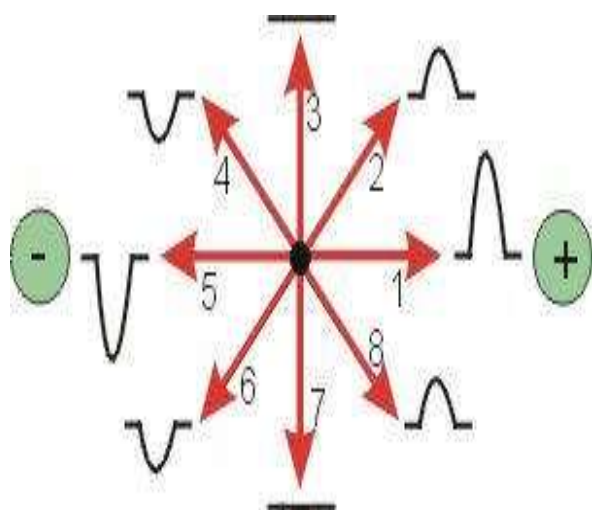
- ☐ אלקטרודה חיובית + זרם מתקרב.
- ☐ אלקטרודה שלילית + זרם מתרחק.

גל / זיז שלילי:

- ☐ אלקטרודה חיובית + זרם מתרחק.
- ☐ אלקטרודה שלילית + זרם מתקרב.

קו ישר (איזואלקטרי):

- ☐ אין זרם
- ☐ זרם ב-90 מעלות לאלקטרודה (גם שוויון מעל ומתחת)

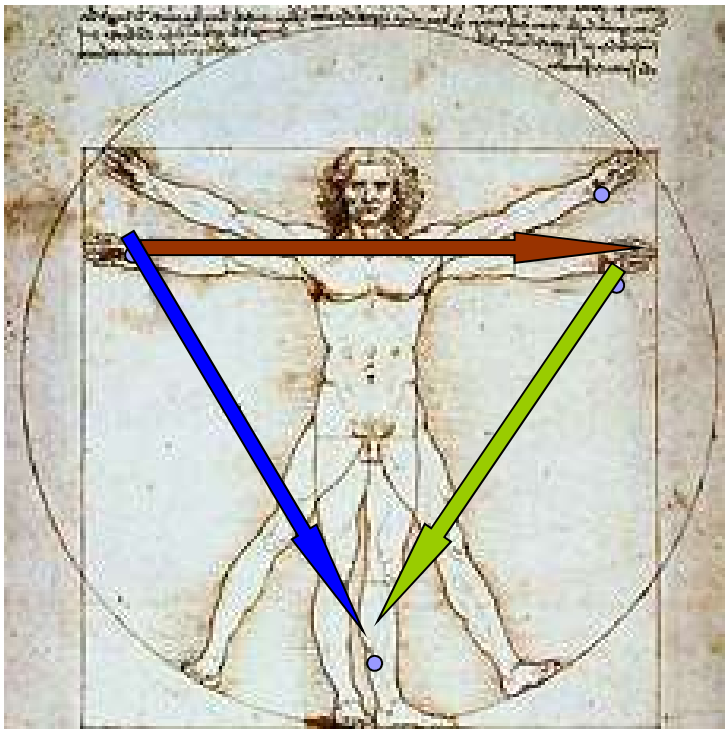


הלידים של הגפיים

■ מתקבלים ע"י חיבור מוניטור 4 כבלים על הגפיים

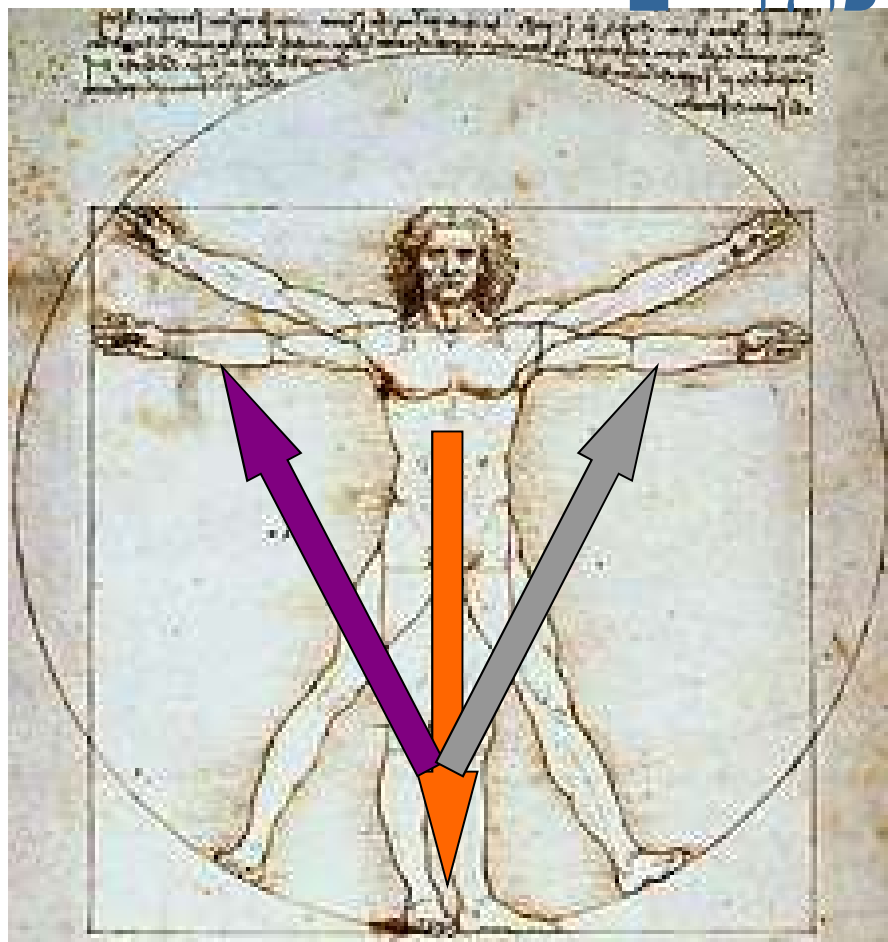
■ כל חיבור יכול להיות שלילי וחיובי

חיבורי גפיים בי פולריים



הלידים של הגפיים

חיבורי גפיים חד פולריים



סיכום חיבורי גפיים - מוניטור

$AVR - 150^\circ$

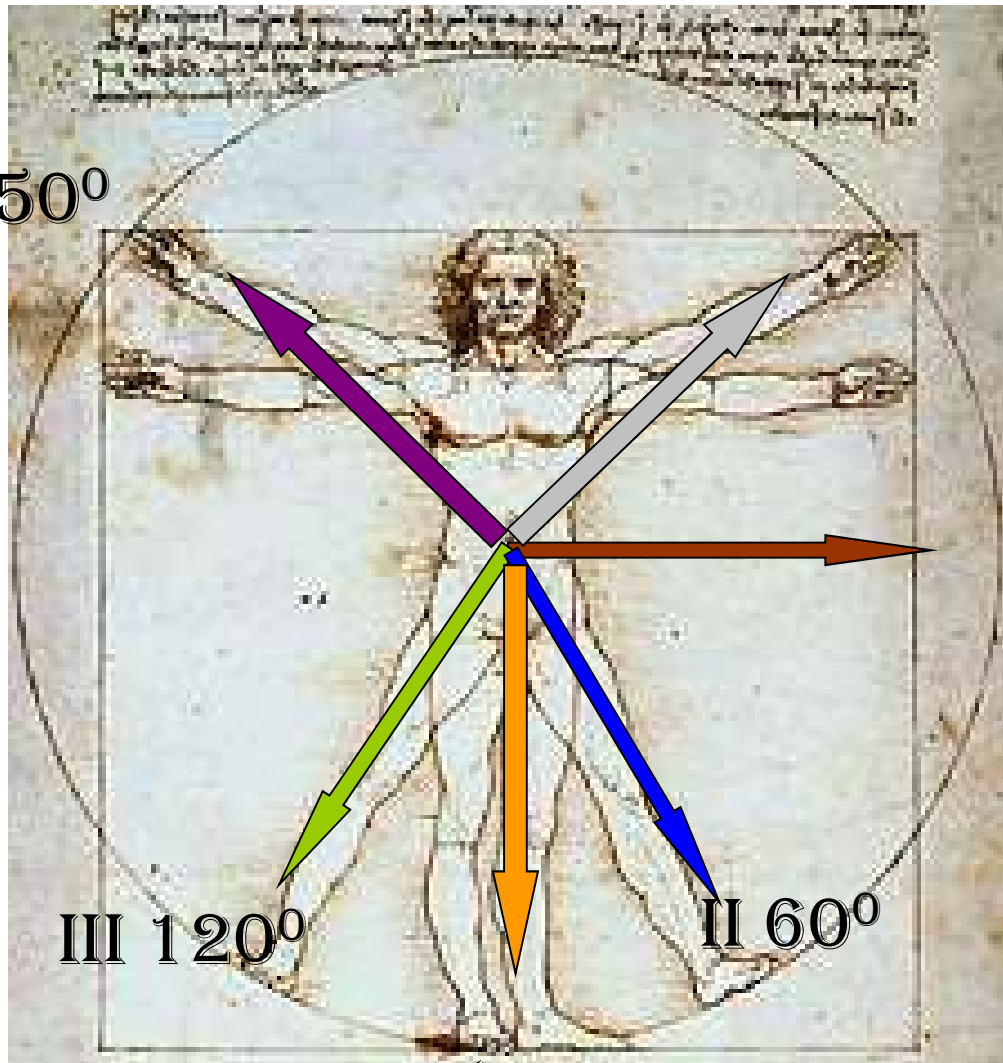
$AVL - 30^\circ$

$I 0^\circ$

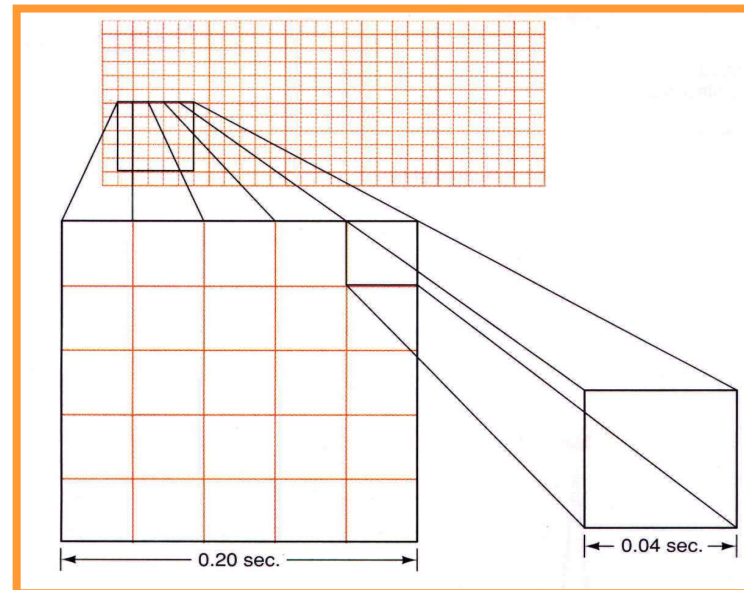
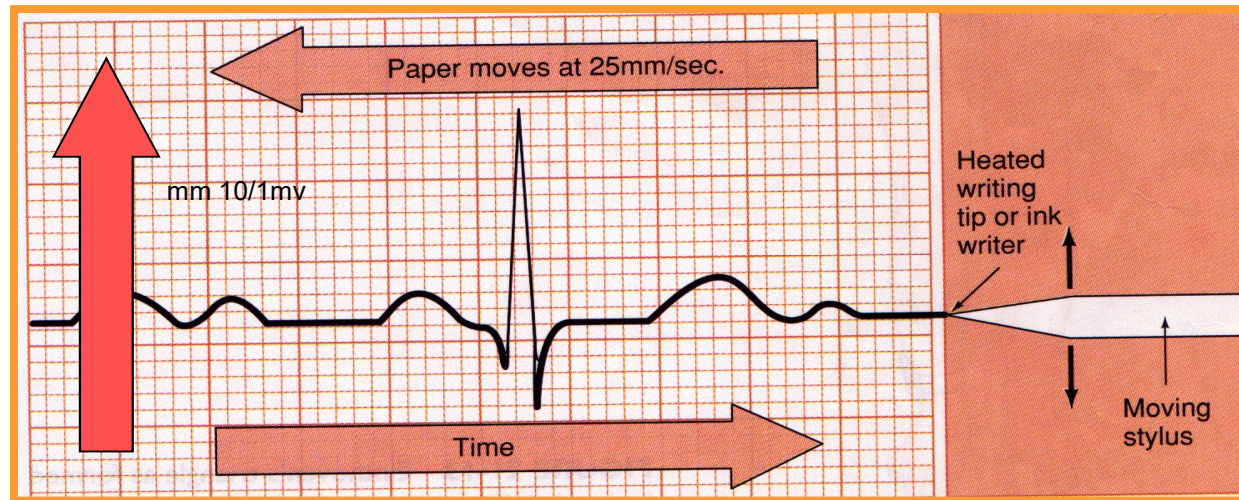
$III 120^\circ$

$II 60^\circ$

$AVF 90^\circ$



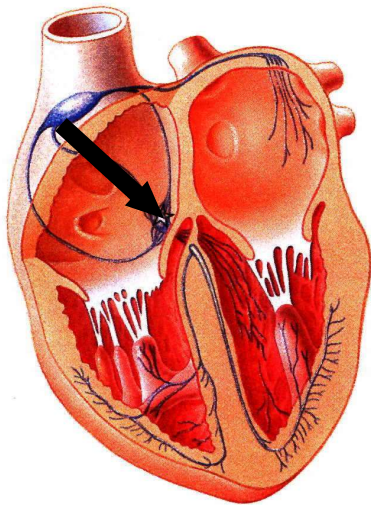
סרט רישום מוניטור



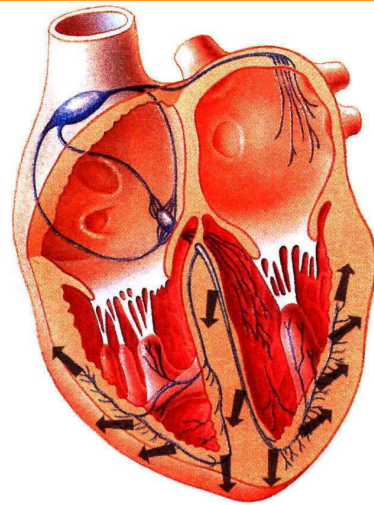
כיווני זרימה

באיזה ליד
יבלוט גל P?

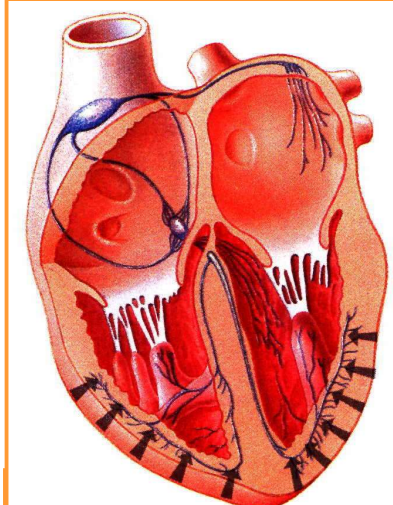
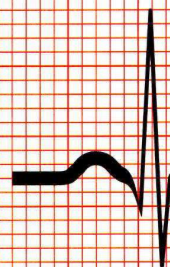
באיזה ליד
יבלוט גל Q?



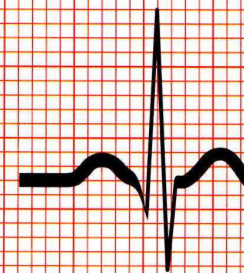
P-R Interval
Impulse delay at AV junction

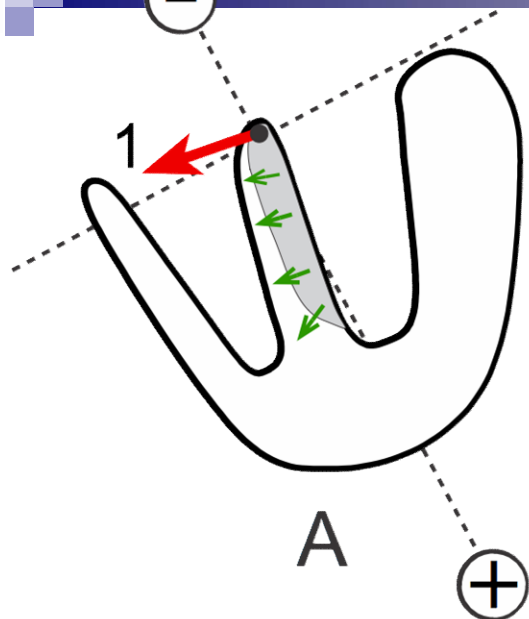


QRS complex
Electrical excitation
of the ventricles

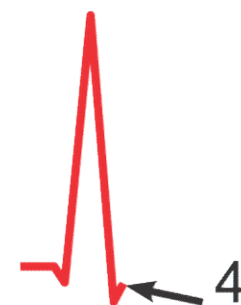
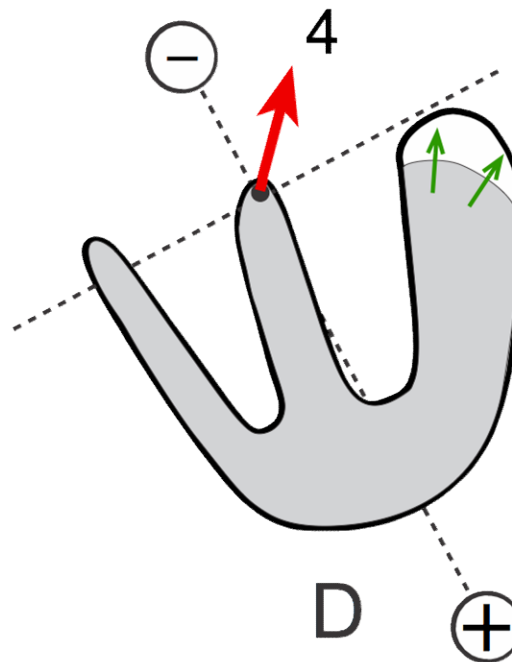
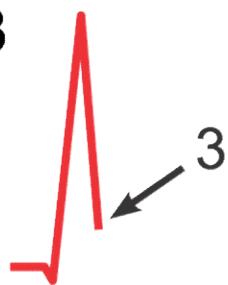
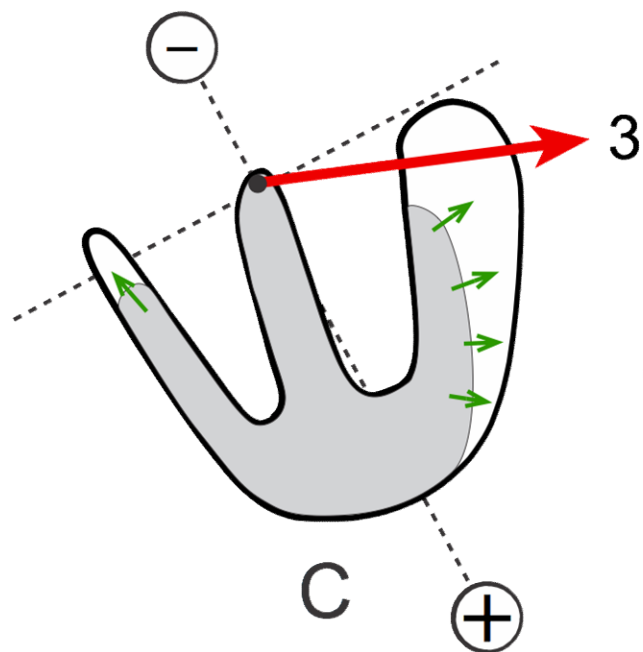
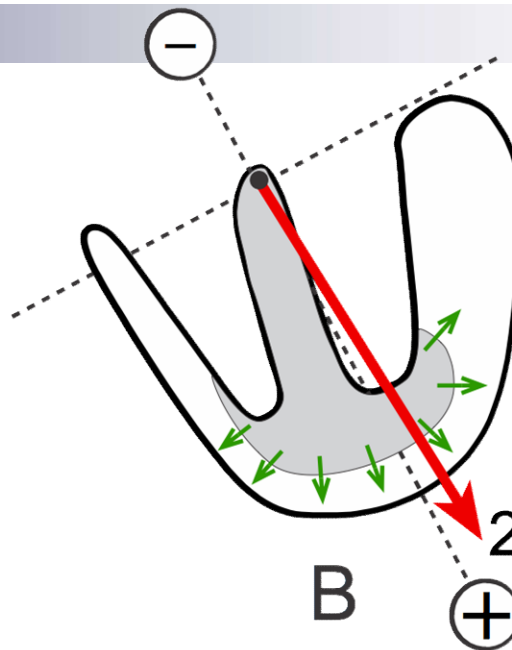


T Wave
Ventricular repolarization





QRS Complex
Lead II



סיכום הצורות באק"ג

הצורה	הגדרה	משמעות	זמן תקין (שניות)	עצמה
גל P	גל ראשון באק"ג	דפולריזציה של העליות		
מרווח PR	<u>מתחילת</u> P עד תחילת QRS	כולל התעכבות הזרם ב-AV	0.12-0.2 3-5 מ"מ	
זיז Q	זיז שלילי ראשון לאחר P	זרם במחיצה	עד 0.08 2 מ"מ	עד שליש מ- QR



סיכום הצורות באק"ג

הצורה	הגדרה	משמעות	זמן תקין	עצמה
זיז R	זיז חיובי ראשון בקומפ'	דפולריזציה בחדרים		
זיז S	זיז שלילי שני בקומפ'	סוף הדפולריזציה בחדרים		
QRS		סך הדפולריזציה	פחות מ0.12 3 מ"מ	



סיכום הצורות באק"ג (המשך)

הצורה	הגדרה	משמעות	זמן תקין	עצמה
מקטע ST	אחרי S עד תחילת T	שלב ראשון ברפולריזציה		
גל T	גל אחרי QRS	שלב שני ברפולריזציה		
מרווח QT	תחילת Q עד סוף T	סך כל הפעילות בחדרים	0.44 (תלוי בדופק)	



שלבי קריאת סטריפ מוניטור

■ הדפס לפחות 6 שניות

■ שאל:

□ מהו הקצב (Rate) החדרי? העלייתי?


□ סדיר?

□ גל P – קיים?, יש אחריו QRS?

□ מרווח PR – כמה זמן? קבוע?

□ קומפלקס QRS – זמן?, אחרי P?

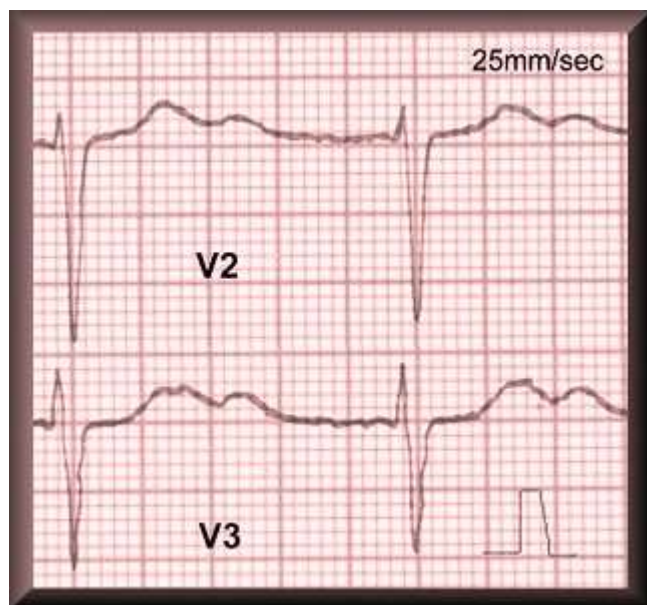
■ אבחן מקצב (Rhythm)



מציאת קצב ע"פ הסטריפ

- הסרט נע בקצב של 25 מ"מ בשנייה, ז"א 1500 מ"מ בדקה
- 1500 משבצות קטנות או 300 גדולות
- אם תופיע פעימה כל משבצת גדולה הקצב יהיה 300, כל 2 – 150...
- הנוסחא: 300 לחלק למס' המשבצות הגדולות שבין הפעימות
- פעימה = בין 2 צורות זהות (מומלץ R-R)

מהו הקצב?





הפרקים הבאים

■ הקצב תקין

■ הפרעות קצב:

□ הפרעות מהעליות

□ הפרעות בצומת / מחיצה

□ הפרעות מהחדרים

■ אק"ג

שלב קריאת סטריפ מוניטור

■ הדפס לפחות 6 שניות

■ שאל:

□ מהו הקצב (Rate) החדרי? העלייתי?

□ סדיר?

□ גל P – קיים?, יש אחריו QRS?

□ מרווח PR – כמה זמן? קבוע?

□ קומפלקס QRS – זמן?, אחרי P?

■ אבחן מקצב (Rhythm)



הקצב התקין



קצב סינוס נורמאלי – Normal Sinus R.

■ הפעלת ההולכה ע"י הסינוס

■ דרך כל השלבים – עליות, AV ואל החדרים

קצב עלייתי? קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
60-100	כן*	תקין	כן	תקין וקבוע	תקין	כן



הפרעות קצב





הפרעות קצב - גורמים

- איסכמיה!!
- מחלות אנדוקריניות
- תרופות
- הפעלה סימפתטית / פראסימפתטית
- הפרעות אלקטרוליטיות
- טראומה – ללב, היפוולמיה...



הפרעות מהעליות

- סינוס טאכיקרדיה
- סינוס ברדיקרדיה
- פרפור פרוזדורים
- רפרוף פרוזדורים
- טאכיקרדיה על חדרית
- פעימות / קצב מילוט
- פעימות מוקדמות

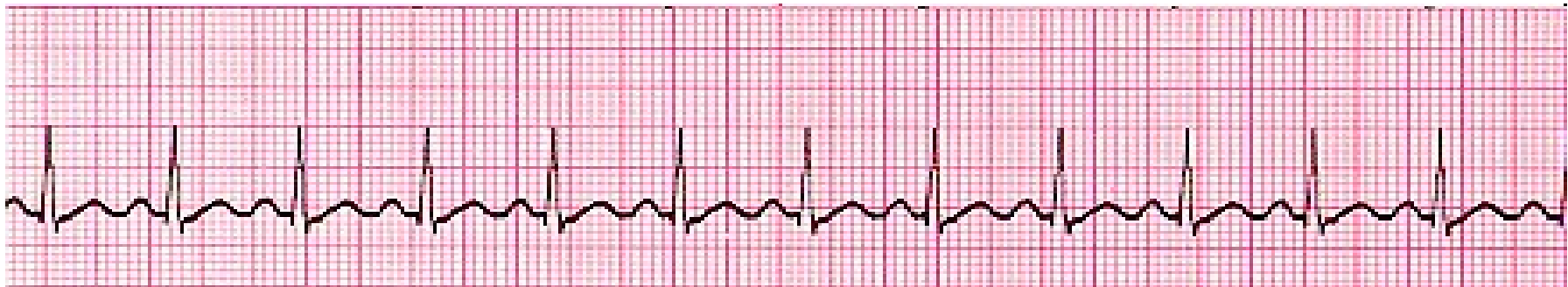
Sinus Tach. – סינוס טכיקרדיה

סיבות לרוב..

■ הפעלה מהירה על ידי הסינוס

■ הפעלה סימפתטית / הורדה פראסימפתטית

קצב עלייתי ?	קצב חדרי ?	סדיר ?	גל P ?	אחרי כל P יש QRS ?	מרווח PR – זמן ? קבוע ?	זמן QRS ?	אחרי כל QRS יש P ?
מעל 100	מעל 100	כן	תקין	כן	תקין וקבוע*	תקין	כן



Sinus Brad. – סינוס ברדיקרדיה

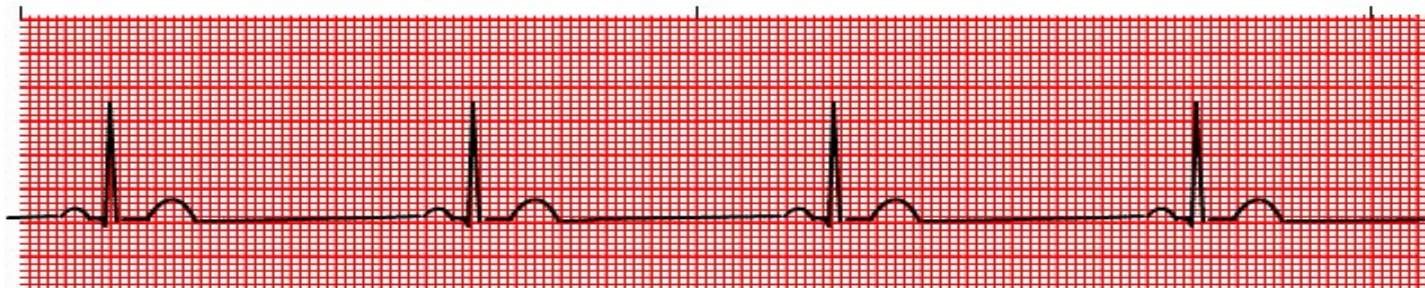
סיבות לרוב..

■ הפעלה איטית על ידי הסינוס

■ הפעלה פראסימפתטית / הורדה סימפתטית

קצב עלייתי ?	קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח PR – זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
מתחת * 60	מתחת * 60	כן	תקין	כן	תקין וקבוע*	תקין	כן

SINUS BRADYCARDIA

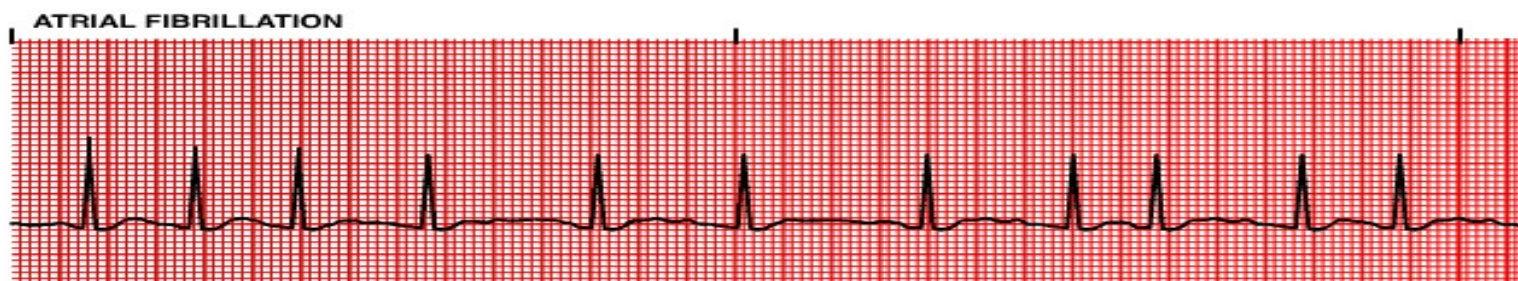


Atrial fibrillation – פרפור פרוזדורים

צר, מהיר ולא סדיר =
R. A. Fib

- הפעלות ממוקדים רבים בעליה
- הפעלה מקרית של ה-AV
- קצב חדרי תלוי בפעילות AV

קצב עלייתי ?	קצב חדרי ?	סדיר ?	גל P ?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS ?	אחרי כל QRS יש P ?
150-250	תקין / מהיר	לא	אין	-	-	תקין	אין



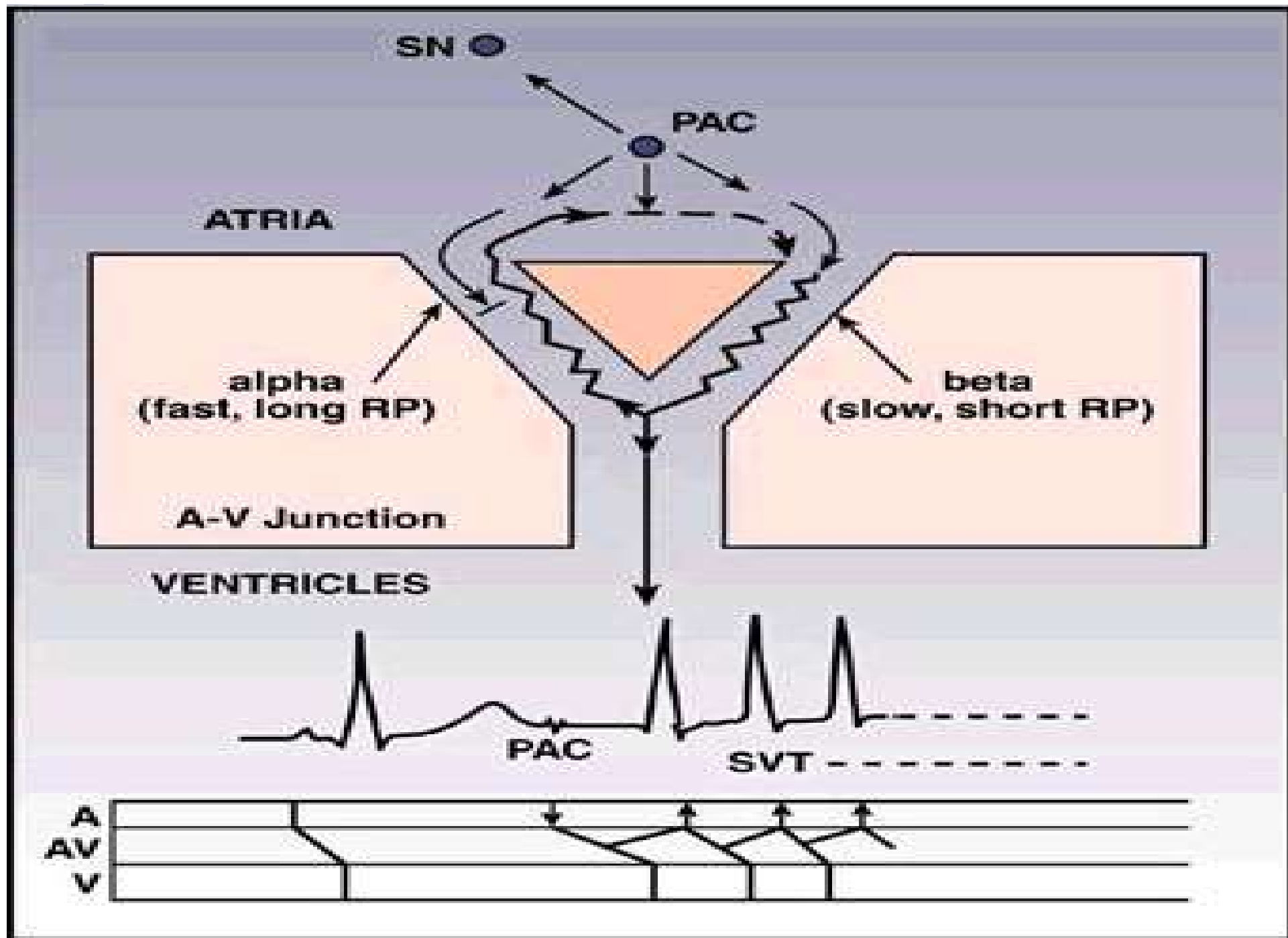
Atrial flutter – פרופ פרודורים

יותר מסוכן
מפרפור!

- הפעלות ממוקד אחד בעליה
- קצב חדרי תלוי בפעילות AV

קצב עלייתי ?	קצב חדרי ?	סדיר ?	גל P ?	אחרי כל יש f QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן ?QRS	אחרי כל QRS יש f?
250-300	תקין / מהיר	כן	גל f	תלוי בהעברה	-	תקין	כן

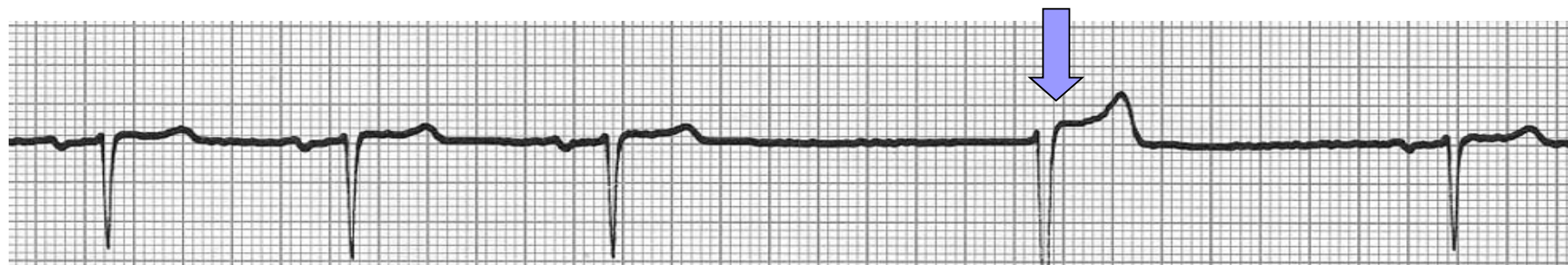




פעימות / קצב מילוט

- הסינוס לא מתפקד טוב ואין זמן לשאול מי מתנדב
- עזרה מהעליות / צומת

קצב עלייתי? קצב חדרי?	קצב תקין בד"כ	סדיר? גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח PR – זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?	קצב עלייתי? קצב חדרי?
תקין בד"כ	תקין בד"כ	פעימה לא, קצב כן*	עליה כן*, צומת לא*	כן	תלוי בגובה	כן	כן



פעימות מוקדמות

■ בחור ספונטני מהעליות / צומת

קצב עלייתי? קצב חדרי?	קצב עליה כן, צומת לא*	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?	קצב עלייתי? קצב חדרי?
תקין בד"כ	תקין בד"כ	פעימה לא, קצב כן*	עליה כן, צומת לא*	כן	תלוי בגובה	תקין*	כן



הפרעות בצומת / מחיצה

**חסמי הולכה ב-AV
ככל שהחסימה נמוכה היא
מסוכנת יותר**

**חסמי הולכה במחיצה
אבחנה ע"פ אק"ג בלבד!!**

■ קצב מהצומת

■ AVB דרגה 1

■ AVB דרגה 2

■ AVB דרגה 3

■ LBBB

■ RBBB

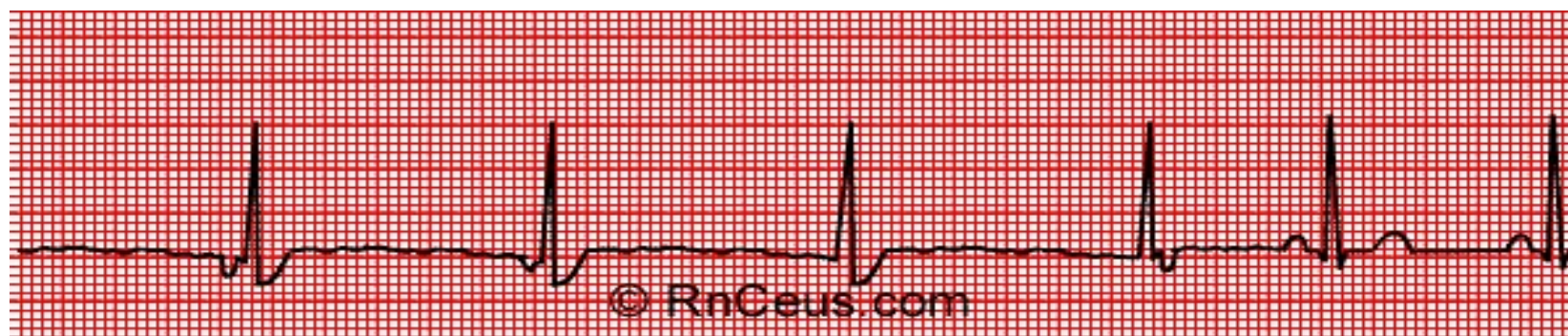
קצב מהצומת

צר, סדיר, ללא P

■ מלמעלה אין תגובה

■ כזכור קצב צמתי 40-60

קצב עלייתי ?	קצב חדרי ?	סדיר ?	גל P ?	אחרי כל P יש QRS ?	מרווח PR – זמן ? קבוע ?	זמן ? QRS	אחרי כל QRS יש P ?
-	איטי / מהיר	כן	אין	-	-	תקין	-



1st Degree AV Block

■ מאופיין בהגדלת מרווח PR

קצב עלייתי? ?	קצב חדרי? קצב	סדיר? ?	גל P? ?	אחרי כל P יש QRS? ?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS? ?	אחרי כל QRS יש P? ?
תקין	תקין	כן	יש	כן	מוארך	תקין	כן

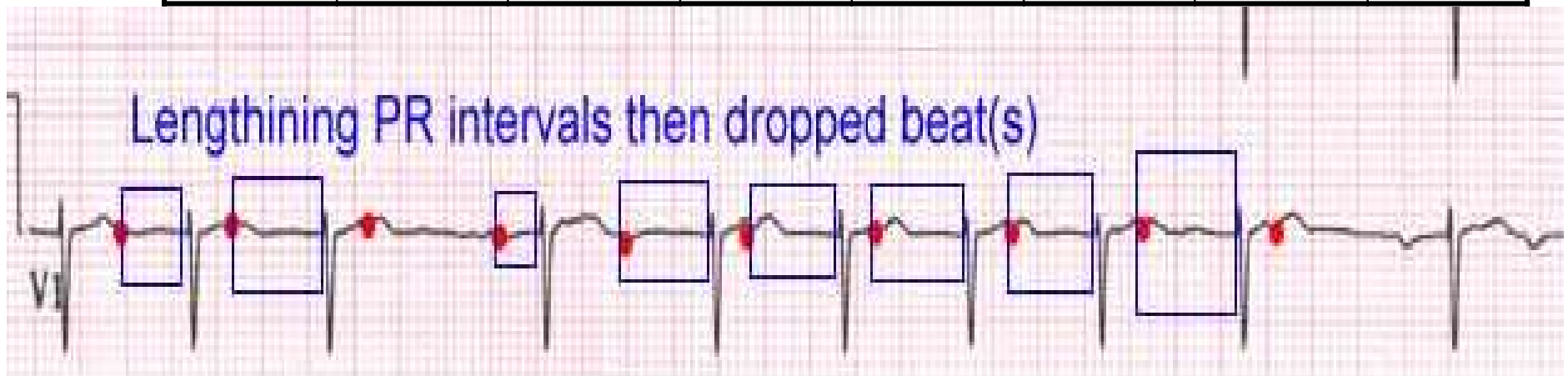


2nd Degree AV Block Type 1

■ נקרא גם Venckebach

■ מרווח PR גידל עד שקומפלקס אחד "נופל" (תבנית סדירה)

קצב עלייתי ?	קצב חדרי ?	סדיר ?	גל P ?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן ? קבוע ?	זמן QRS ?	אחרי כל QRS יש P ?
תקין*	תקין*	לא*	יש	לא	גידל	תקין	כן



2nd Degree AV Block Type 2

■ מרווח PR קבוע

■ לעיתים "נופל" הקומפלקס (תבנית סדירה)

קצב עלייתי ?	קצב חדרי ?	סדיר ?	גל P ?	אחרי כל P יש QRS ?	מרווח PR – זמן ? קבוע ?	זמן QRS ?	אחרי כל QRS יש P ?
תקין*	תקין	לא*	יש	לא	תקין	תקין	כן



3rd Degree AV Block

- חסימה מוחלטת בין העליות לחדרים (complete)
- כל אחד בקצב שלו

קצב עלייתי? קצב חדרי?	קצב חדרי? קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
תקין*	איטי*	כן	יש	לא	אין קשר	רחב*	אין קשר





הפרעות מהחדרים

- פעימות / קצב מילוט חדרי / פעימות מוקדמות
- טאכיקרדיה חדרית
- פרפור חדרים
- מחול הנקודות

פעימות / קצב מילוט חדרי / מוקדמות

זוכרים את השוני?

■ למה הוא מתעורר?

■ היפוקסיה: טביעה, חנק, פנאומוטורקס, עשן

■ ירידה בתפוקת לב: היפוולמיה, שוק קרדיוגני

■ פתולוגיות שונות: מסתמים, היפוקלמיה...

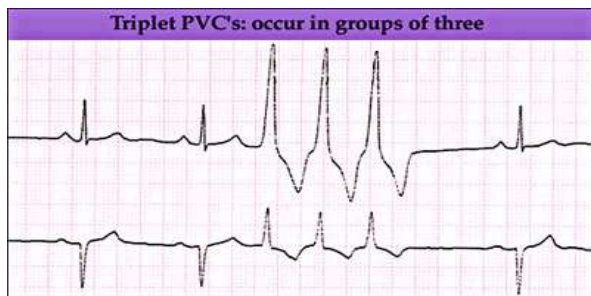
קצב עלייתי? קצב חדרי?	קצב שונה בין קצב למילוט	סדיר? לא*	גל P? אין	אחרי כל P יש QRS?	מרווח PR – זמן? קבוע?	זמן QRS? רחב, ביזארי	אחרי כל QRS יש P?
לא תקין/לא קיים	שונה בין קצב למילוט	לא*	אין	-	-	רחב, ביזארי	-



Ventricular Tach. טאכיקרדיה חדרית

- "אוסף" של שלוש פעימות חדריות ומעלה
- פולסים ע"י מקור אחד בחדר
- יכול להופיע ללא דופק (נתייחס כמו VF)

קצב עלייתי? קצב חדרי?	קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
לא קיים	150-250	כן	אין	-	-	רחב, ביזארי	-



Ventricular Fibrillation – פרפור חדרים

- מספר רב של מוקדים בחדר
- אינו מייצר דופק = דום לב
- יכול להופיע עם משרעת נמוכה (fine) או גבוהה (course)

קצב עלייתי? קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח – PR זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
לא קיים	לא	אין	-	-	רחב, ביזארי, משתנה	-



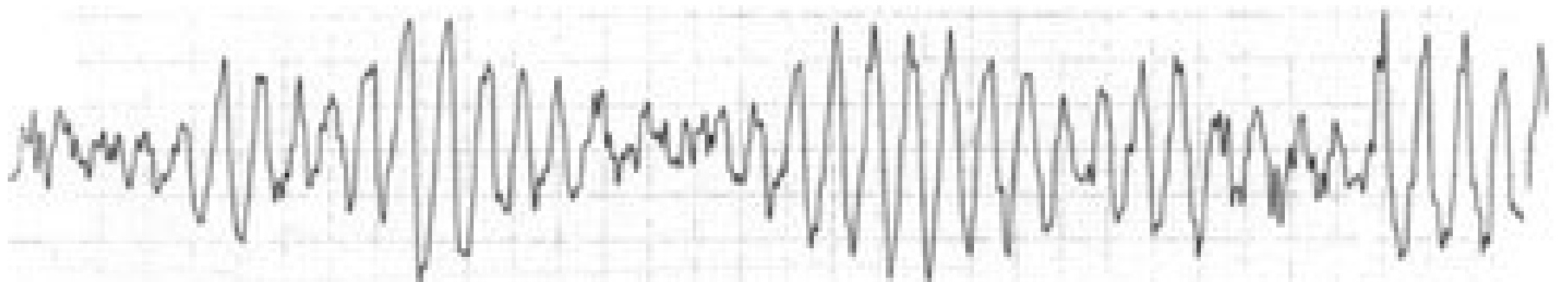
מחול הנקודות Torsades de Pointes

■ סוג של VT

■ ירידה ברמות אשלגן או בעיות מולדות

■ תבנית של יהלום

קצב עלייתי? קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח PR – זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
לא קיים	לא	אין	-	-	רחב, ביזארי, משתנה	-



דממת אלחוט Asystole

- אין פעילות חשמלית בלב
- "קו ישר"

קצב עלייתי? קצב חדרי?	קצב חדרי? קצב חדרי?	סדיר?	גל P?	אחרי כל P יש QRS?	מרווח PR – זמן? קבוע?	זמן QRS?	אחרי כל QRS יש P?
לא קיים	לא קיים	-	אין	-	-	-	-





ביבליוגרפיה

Dubin D., **Rapid interpretation of EKG's**, ■
6th Ed., Hong Kong, 2000.