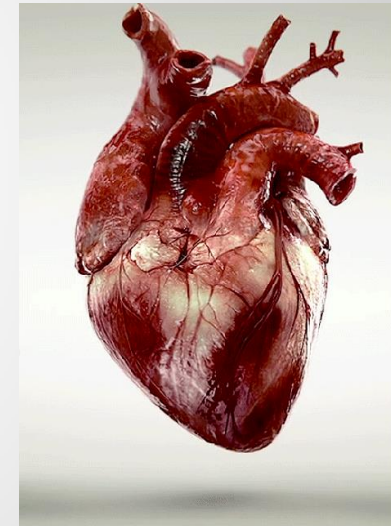
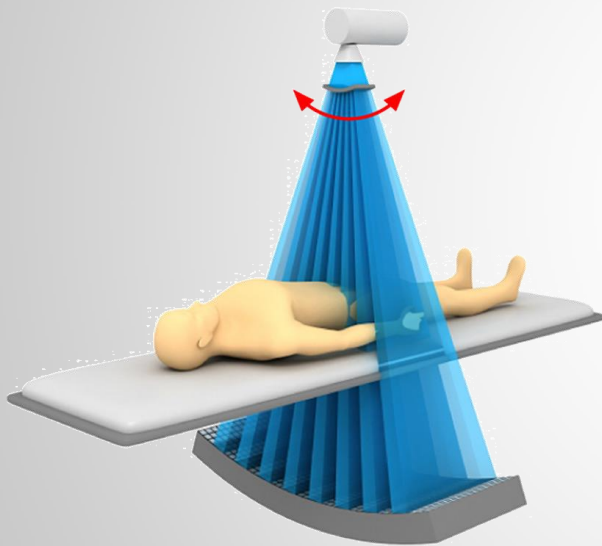


# PHILIPS



## Realistic Simulator for Computed Tomography of Beating Heart

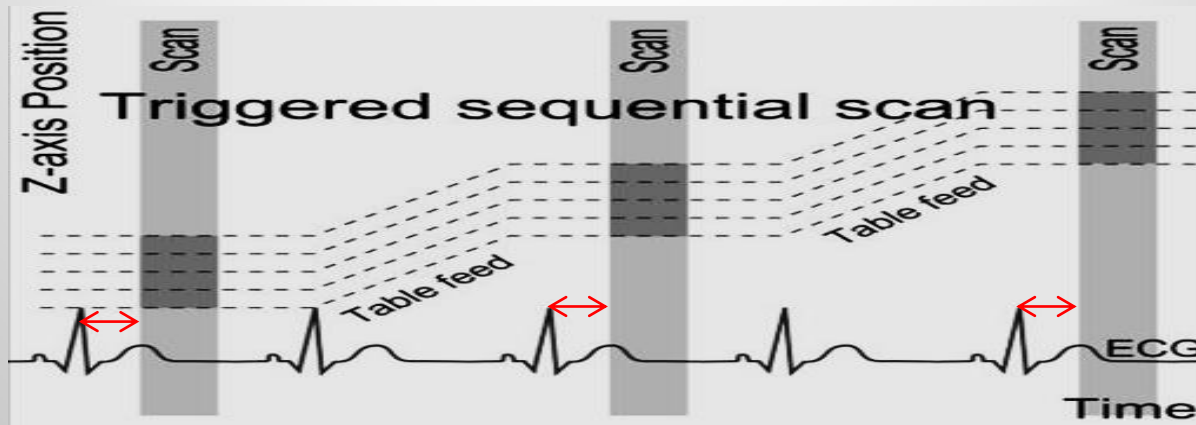


מבצעים: ואדים בניאגוייב, הנדסת חשמל ואלקטרוניקה // יאיר זק, הנדסה רפואית

מנחים: ד"ר דב מלונק, המרכז האקדמי רופין // גברת שרה כהן, חברת Philips

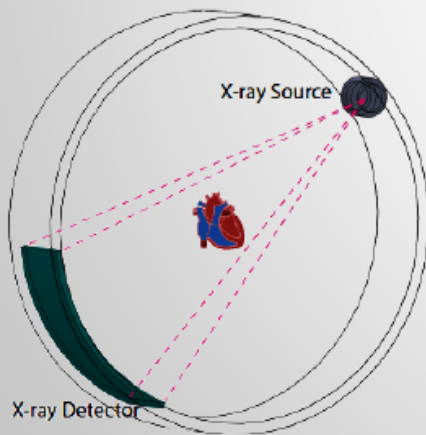
# רקע

- הלב הוא איבר דינאמי וכתוצאה מכך יכולים להיווצר ארטיפקטים של תנועה בתמונות המשוחזרות
- פתרון: רכישת ההיטלים בזמן שהלב במינימום תנועה (הפאזה השקטה)
- מניחים כי הפאזה השקטה מתרחשת אחרי פרק זמן קבוע מגל R באות ה-ECG
- הפרעות בקצב הלב יכולות להקשות על זיהוי הפאזה השקטה של הלב



# מטרות הפרויקט

- יצירת סימולטור המדמה את תהליך הרכישה והשחזור של מערכת CT
- בניית מודל (ממוחשב) תלת-ממדי ודינאמי של הלב, עליו תתבצע הרכישה
- הסימולטור ישמש לבחינת תוצאות הרכישה עבור פרמטרים פיזיים של המערכת ופרמטרים פיזיולוגיים של הלב



# דרישות

- מערכת הרכישה

- אפשרות לקבוע את הפרמטרים הפיזיים של המערכת - גודל הגלאים, זמן סיבוב ה-Gantry, מספר הרכישות הרצוי ועוד

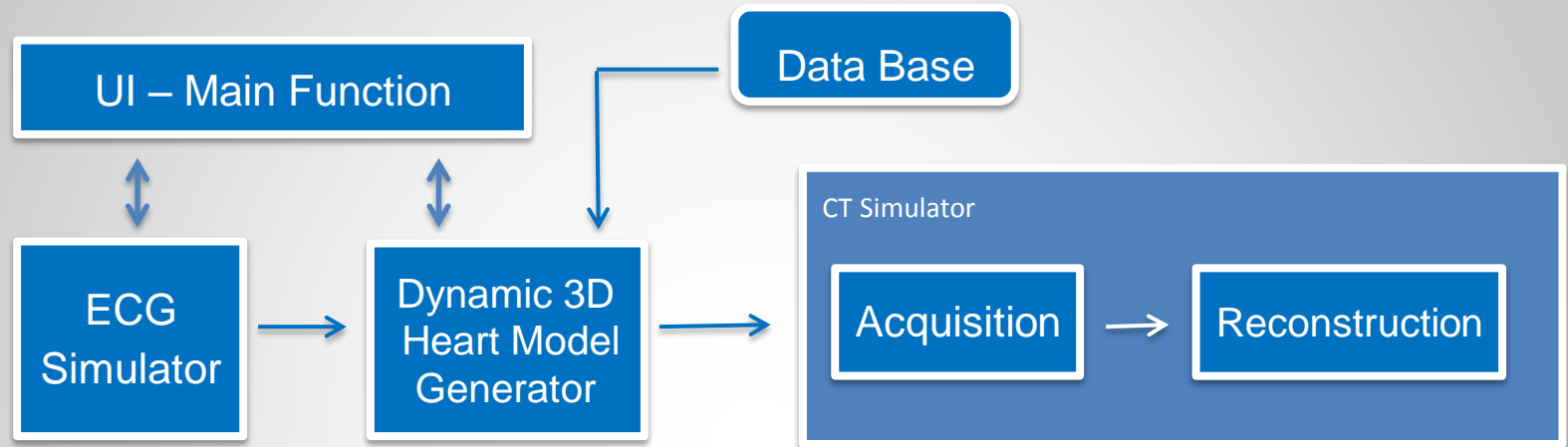
- דימוי שיטת Step & Shoot כאשר הגלאי אינו מכסה את אורך הלב כולו

- מודל הלב

- על המודל להיות בעל רזולוציה מרחבית גבוהה - יותר מ-4 pixel/mm
- קירוב תנועת המודל לתנועת הפעימה שלה לב
- דימוי של פתולוגיות נפוצות – הפרעות קצב
- אופציה של הוספת חסימה לעורקים הקורונריים

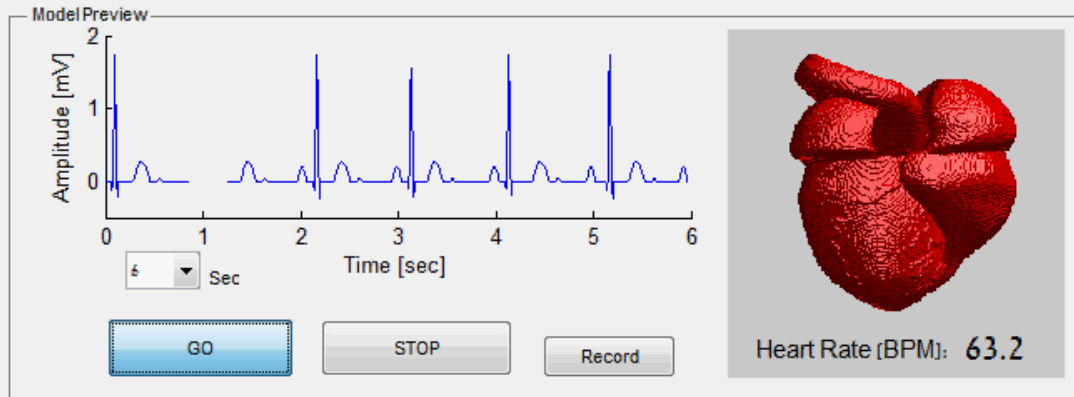
- תצוגה מקדימה של המודל הדינאמי ואות ה-ECG המייצג אותו

# מבנה המערכת



- המודל הדינאמי בנוי מאוסף של אובייקטים תלת ממדיים – כל אחד מתאר את הלב בזמן שונה
- תנועת המודל נקבעת ע"פ פרמטרים של אות ECG - אורכי הגלים והאינטרוולים השונים וכן השונות של אלו
- התנועה הרצויה מתקבלת ע"י בחירת אובייקטים מתוך מאגר נתונים גדול
- כל אחד מהאובייקטים נשלח למערכת הרכישה, לאחר שעבר סיבוב מתאים
- מתקבל אוסף של היטלים - שנוצרו בזמן שונה של מחזור הפעולה של הלב
- מאוסף ההיטלים משוחזר המודל התלת ממדי
- בצור זו ניתן לסמלץ ארטיפקטים הנוצרים עקבת תנועת הלב בזמן הרכישה

# GUI



ECG Parameters

Open xls File

Clinical condition: normal

Heart Rate: 62

CVrr (%): 3

	Dur.	var.
P-wave	0.0900	10
QRS	0.0700	10
T-wave	0.1600	10
PR-I	0.1600	10
ST-I	0.3200	10

The ECG Parameters section includes an 'Open xls File' button, the text 'Clinical condition: normal', and two input fields: 'Heart Rate: 62' and 'CVrr (%): 3'. Below these is a table with three columns: an empty column, 'Dur.', and 'var.'. The table contains five rows of ECG wave parameters. A mouse cursor is visible on the right side of the table.

CT Parameters

Heart Model: XCAT - 256

Number of acquisitions: 180

Detector sizes

# pixels: 128 X 256

size (mm): 80 X 160

Overlap (%): 20

Rotation time (sec): 0.3

Strat acquisition (%): 80

DSD (mm): 1500

DSO (mm): 1200

The CT Parameters section contains several input fields and a sub-section for detector sizes. The 'Heart Model' is set to 'XCAT - 256' and 'Number of acquisitions' is '180'. The 'Detector sizes' sub-section shows '# pixels: 128 X 256' and 'size (mm): 80 X 160'. Other parameters include 'Overlap (%): 20', 'Rotation time (sec): 0.3', 'Strat acquisition (%): 80', 'DSD (mm): 1500', and 'DSO (mm): 1200'.

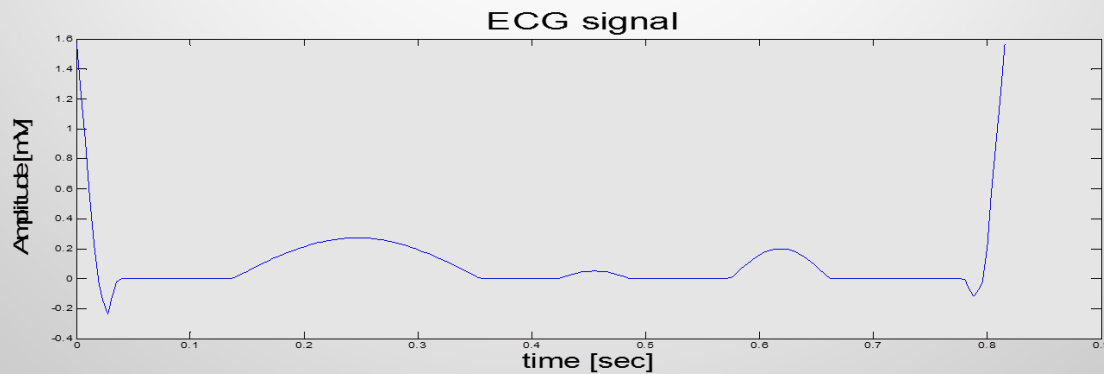
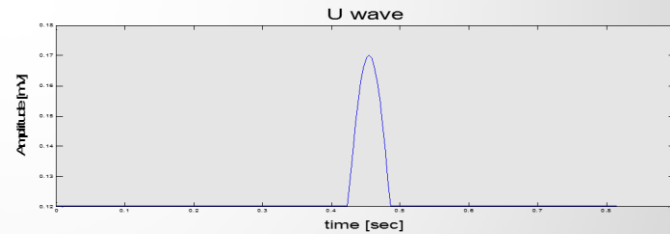
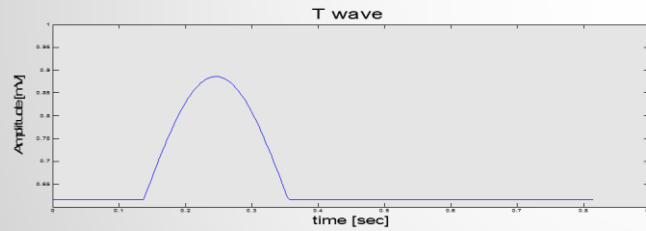
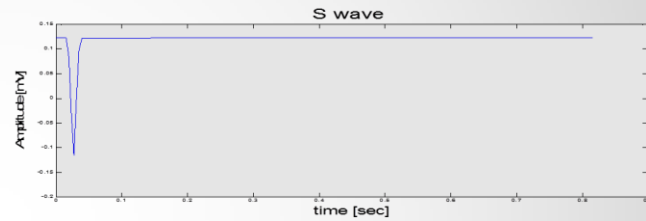
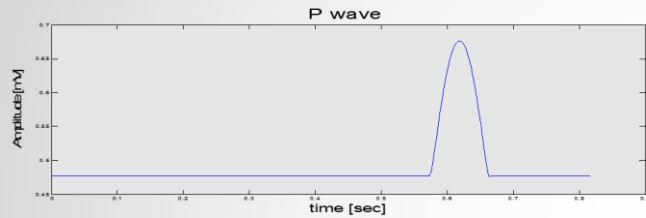
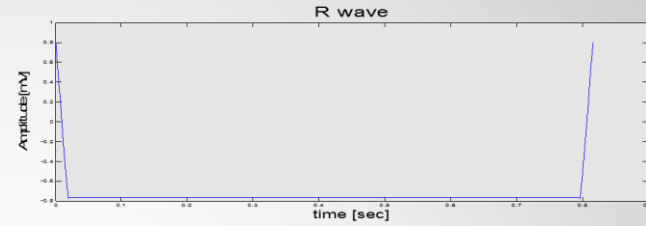
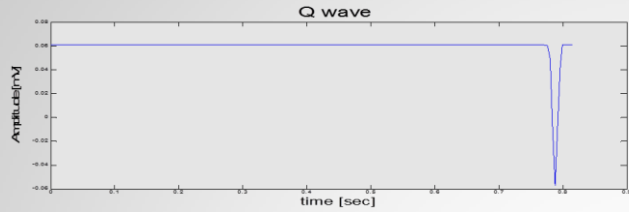
Status: Running...

Start CT Scan

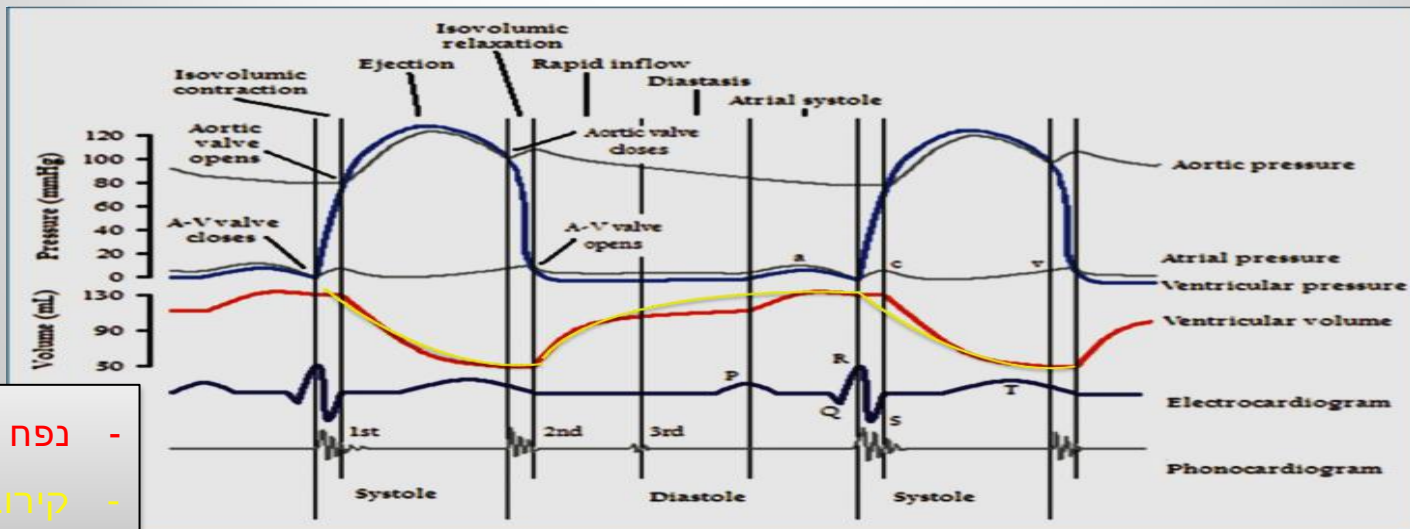
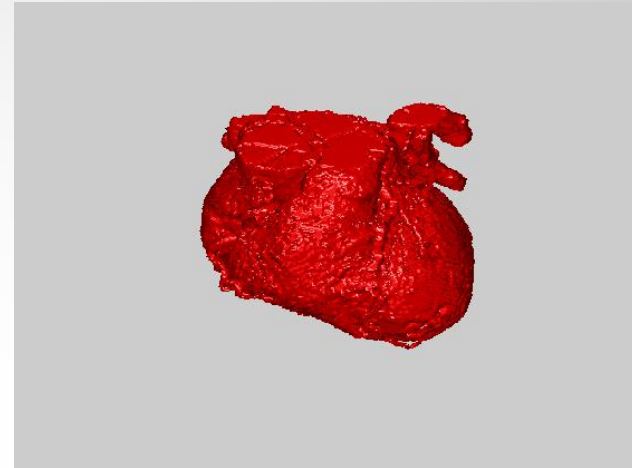
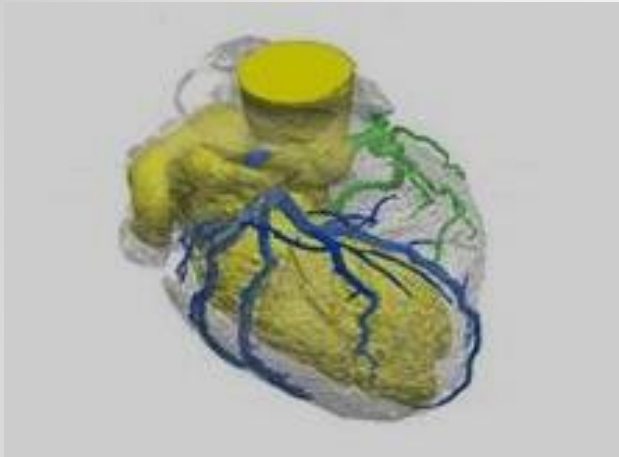
STOP

Reset all

# ECG Generator

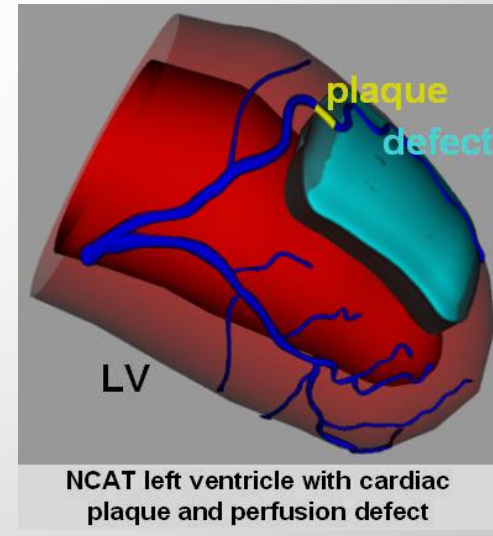
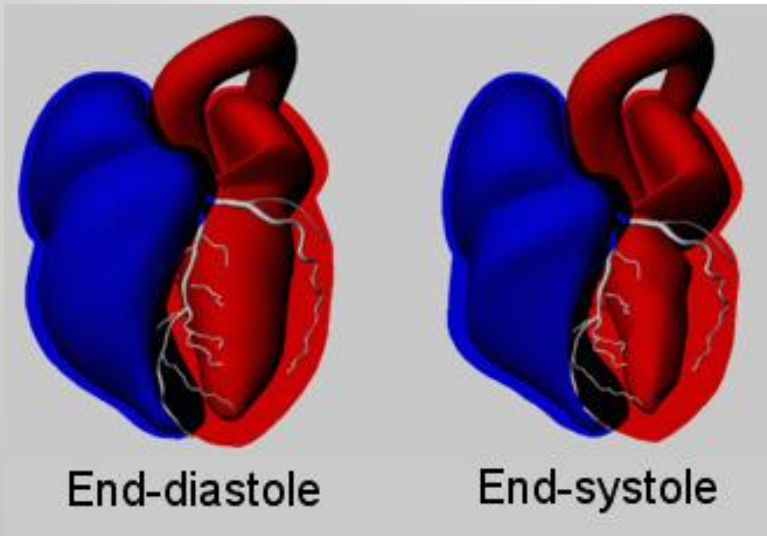
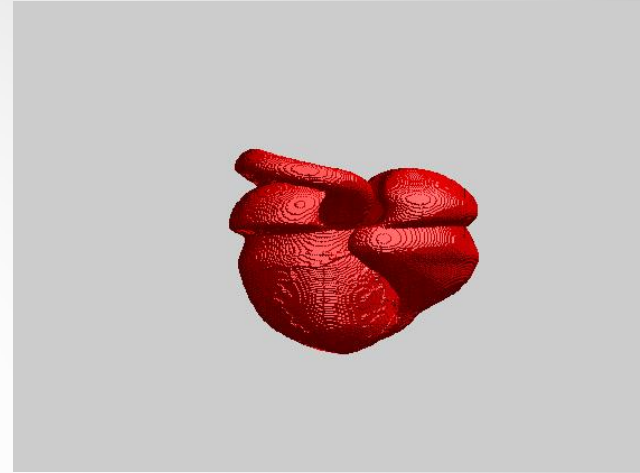
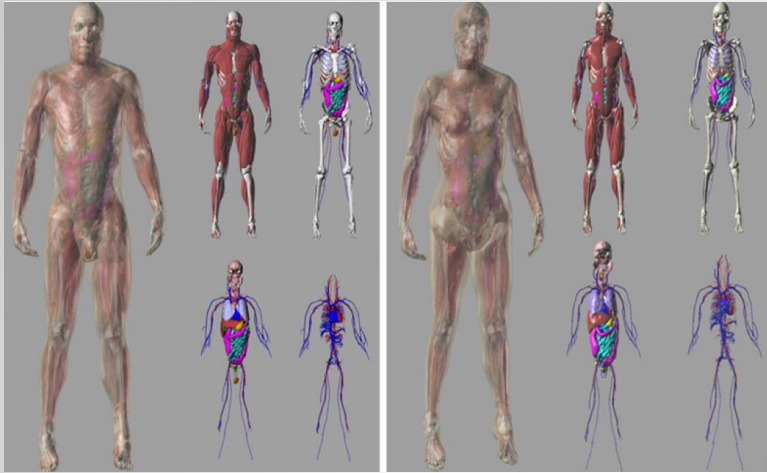


# HADES Model

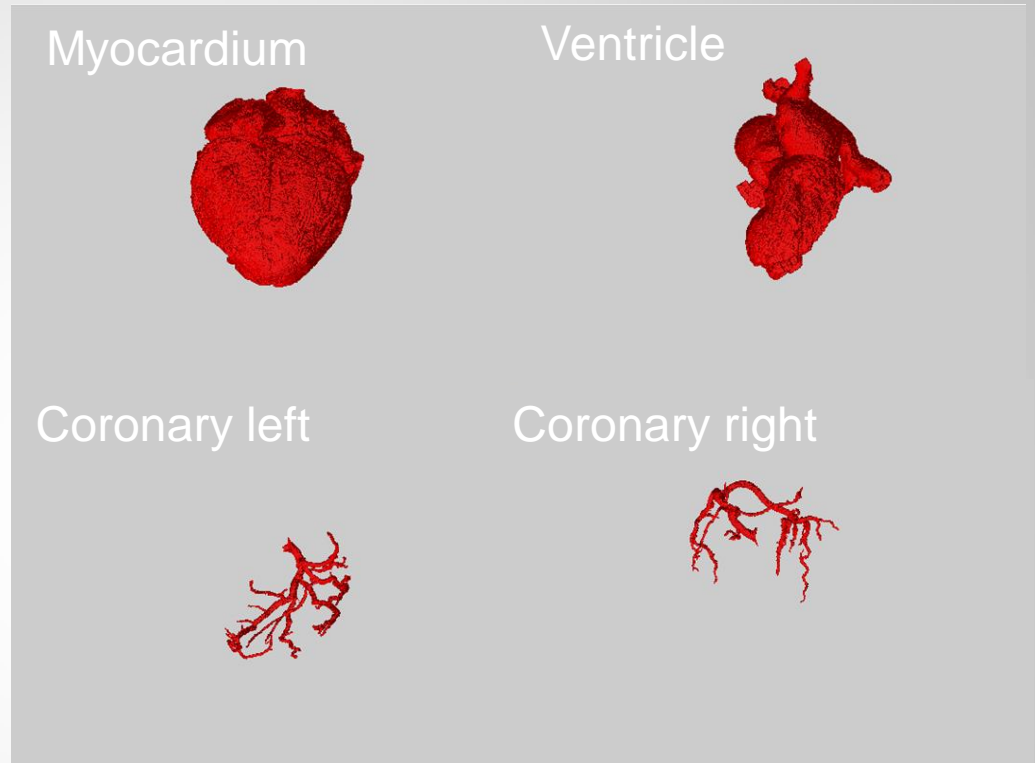
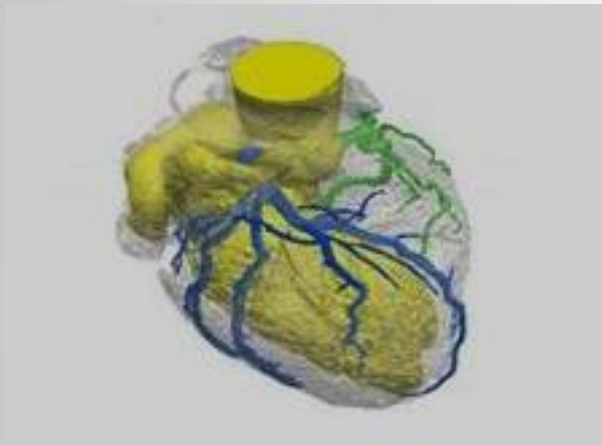


- נפח העליות
- קירוב לוגריתמי

# XCAT Model



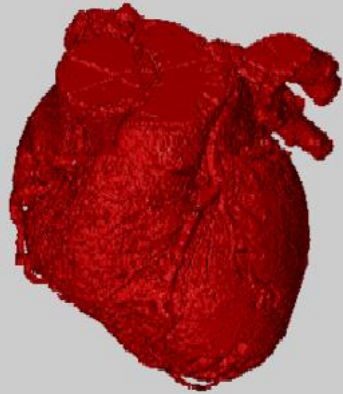
# Segmentation



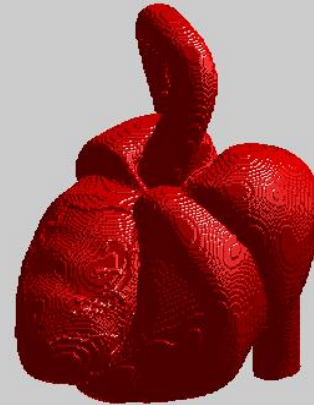
- Hounsfield units

Substance	HU
Air	-1000
Fat	-100 to -50
Water	0
Soft Tissue	+100 to +300
Bone	+700 to +3000

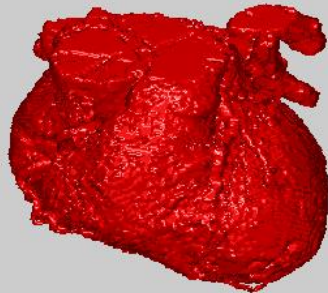
# HADES vs. XCAT



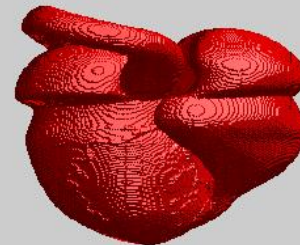
פנטום תלת ממדי (סטטי) של HADES



פנטום דינאמי של XCAT



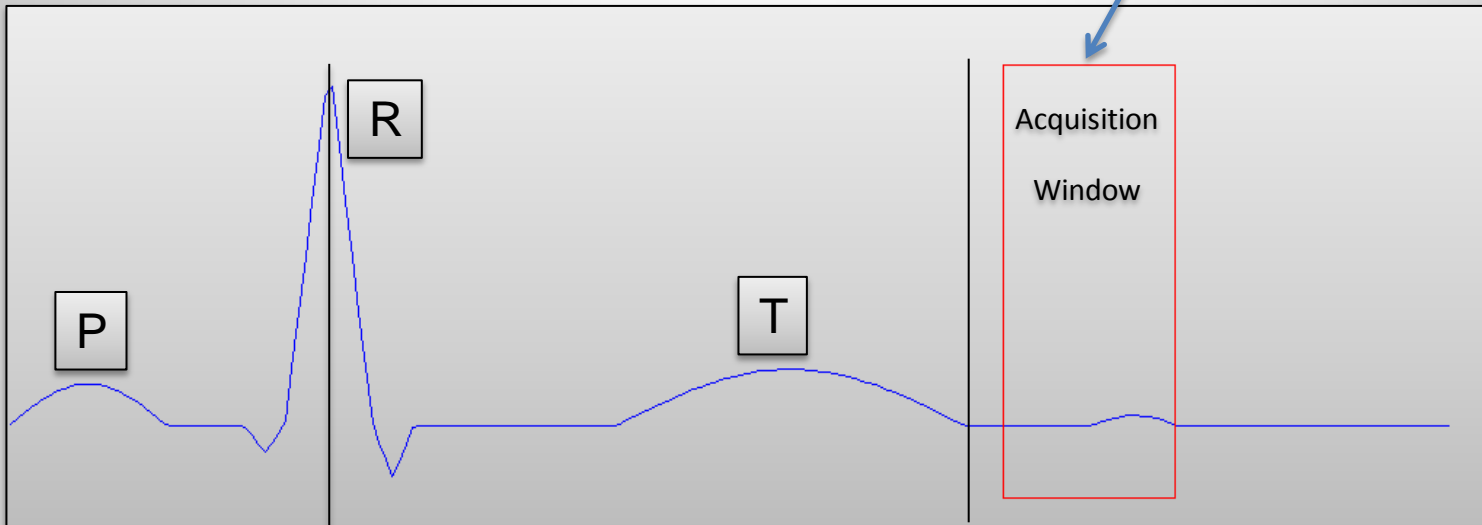
מודל דינמי על בסיס HADES



מודל דינאמי של XCAT

# יצירת התנועה הרצויה

90 Selected Frames: 1005,1007,...,1183

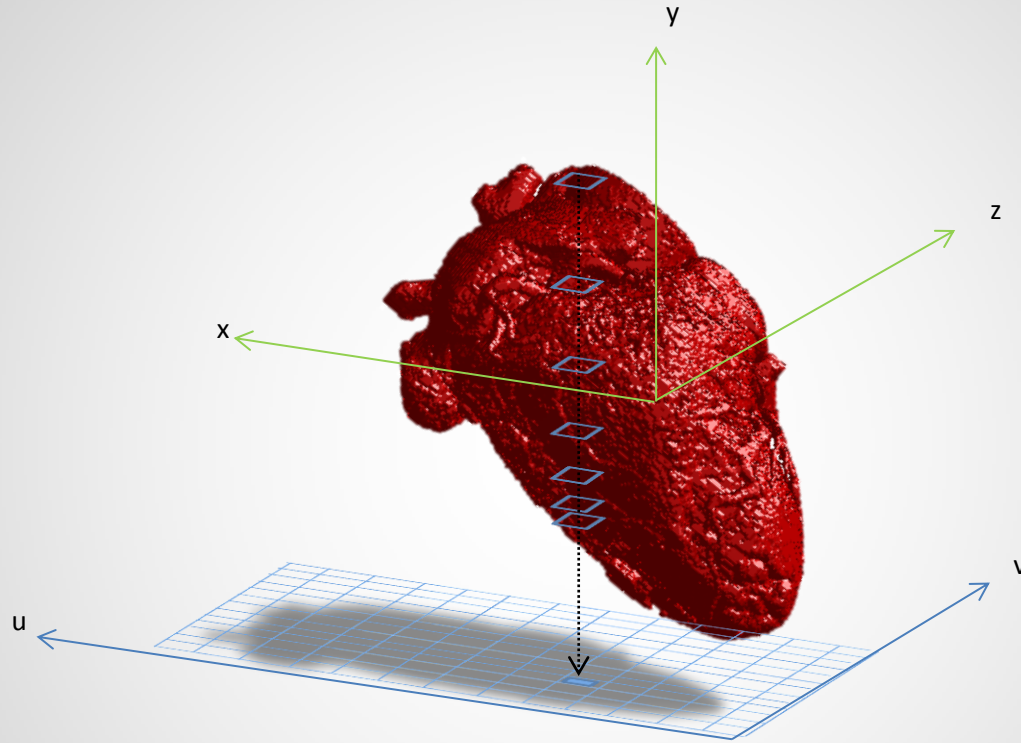


1,5,9,...,300	301,302,304,...,1000	1001, 1003, 1005,...,1500	Sub sampling
---------------	----------------------	---------------------------	--------------

1,2,3,...,300	301,302,303,...,1000	1001,1002,1003,...1500	Data Base
---------------	----------------------	------------------------	-----------



# Acquisition simulator

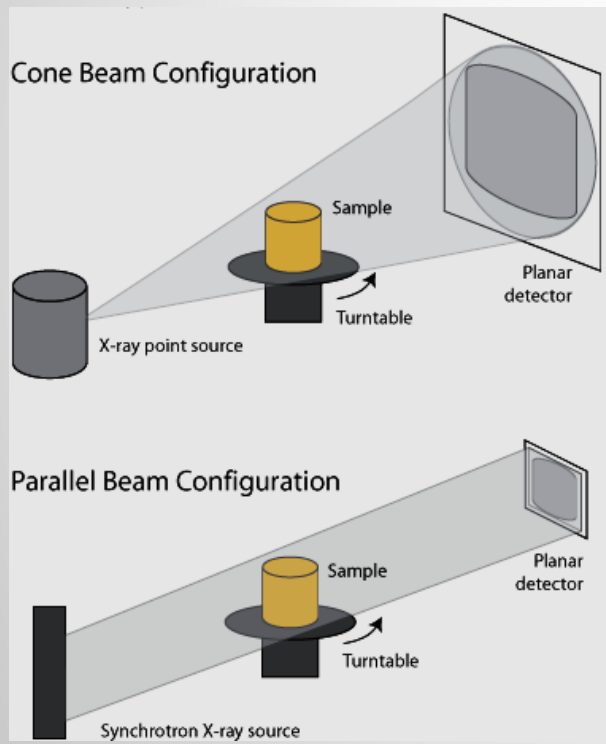


$$P(u, v) = \sum_{i=1}^N M(x, y = i, z), \quad \text{where:}$$

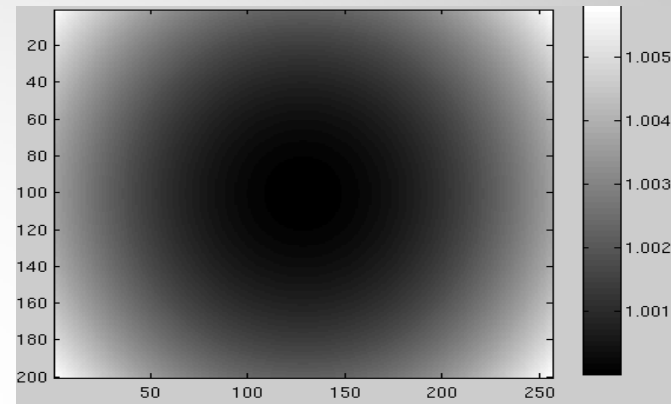
$P(u, v)$  = 2D projection,  $M(x, y, z)$  = 3D object,  $N$  = number of pixels in y axis

# Acquisition simulator

- Cone beam CT
- Flat panel detector



רכישה מקבילה ורכישה קונית



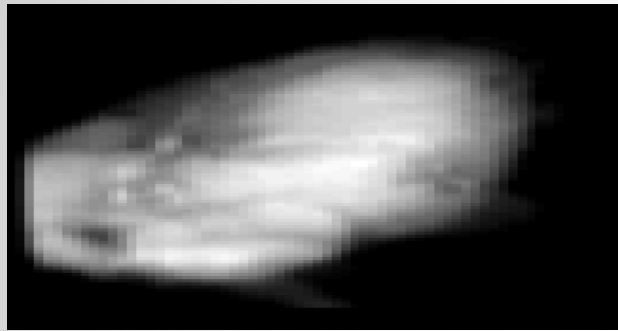
פונקציית משקל למעבר מרכישה  
מקבילה לקונית.

היטלים של הלב בסימולטור הרכישה

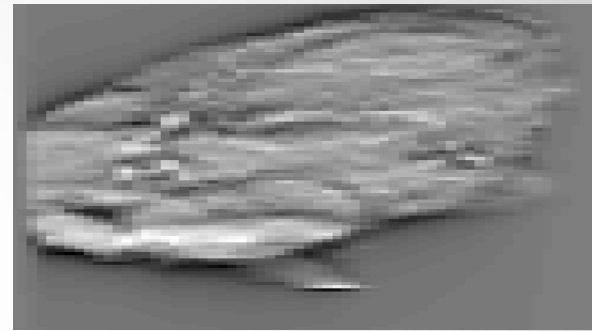


# Reconstruction

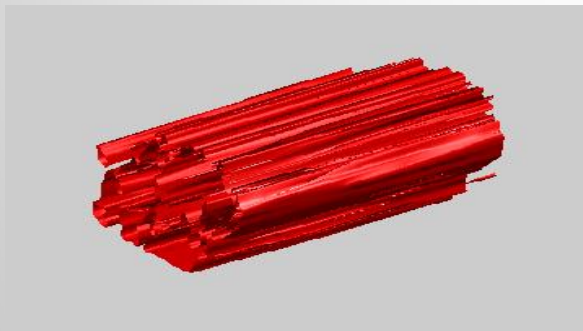
- Algorithm FDK
- Filter back projection



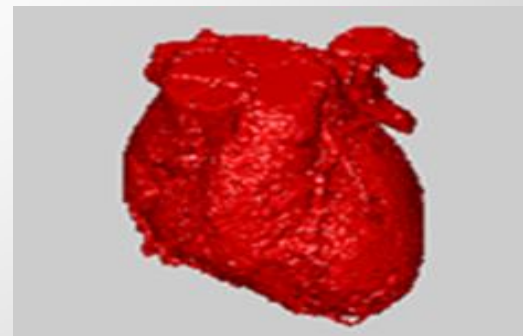
היטל לפני סינון



היטל לאחר סינון



המשכה של ההיטל לפי אלגוריתם FDK



מודל תלת ממדי משוחזר מההיטלים

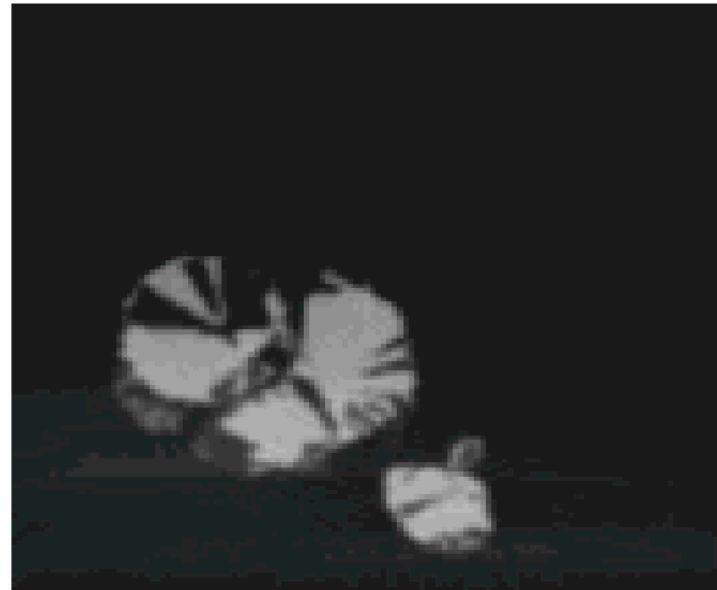
# Reconstruction

Real Slice



[Back To Projection Preview](#)

Reconstructed Slices # 2/128

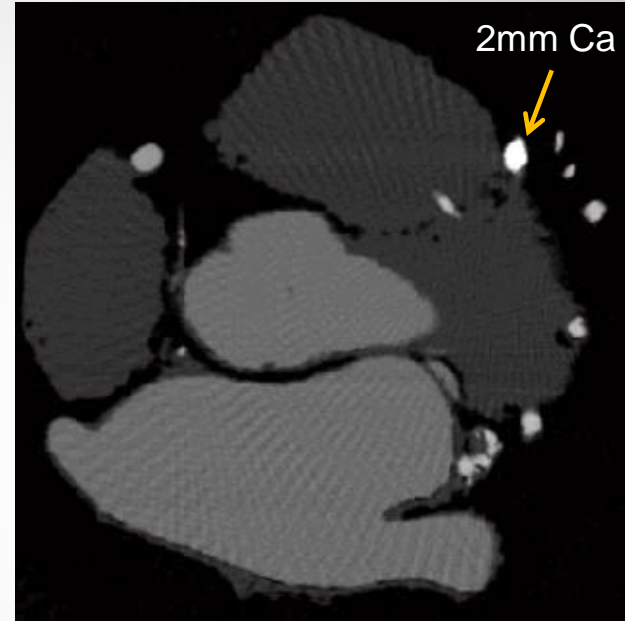


[View 3D Reconstructed model](#)

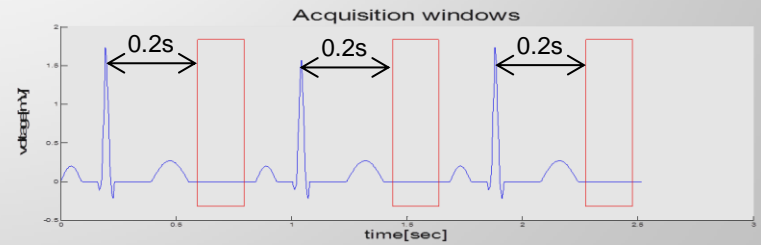
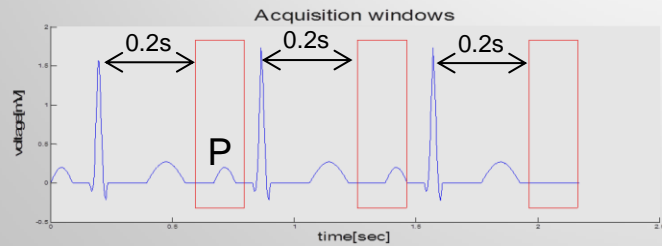
# תוצאות



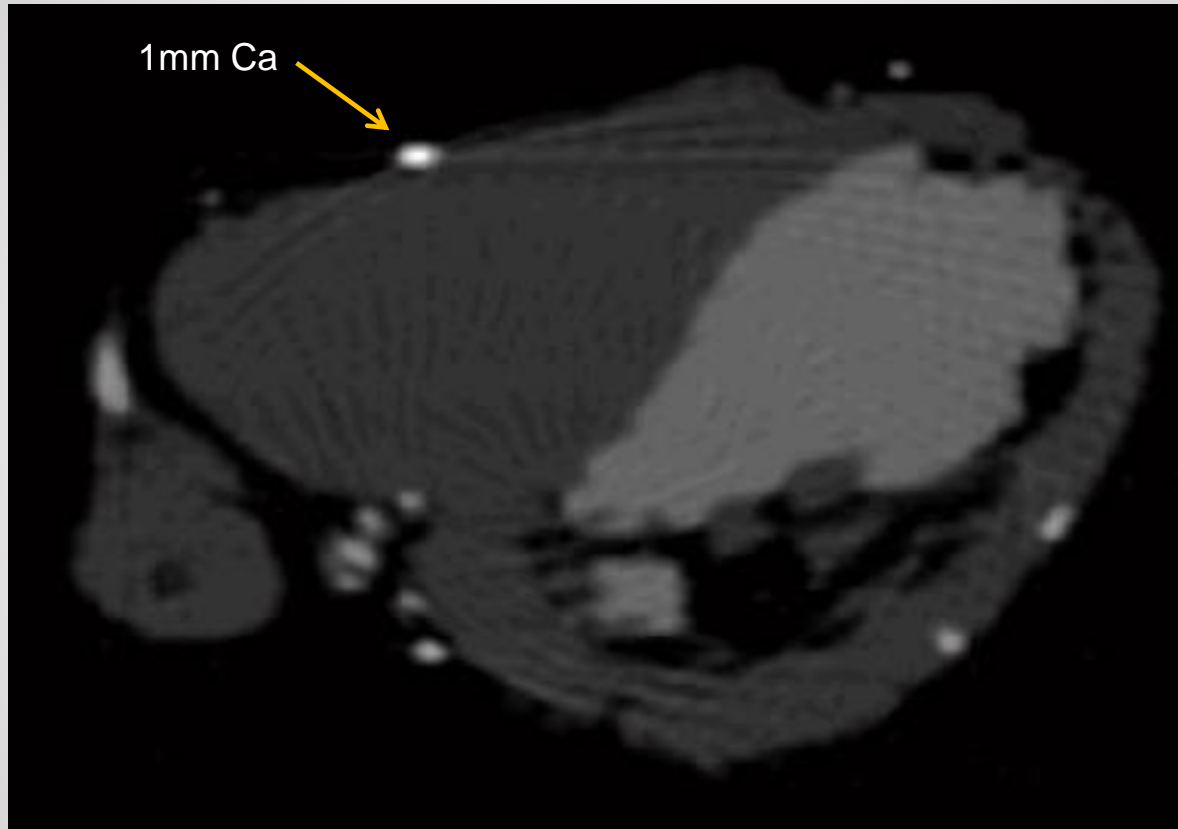
תמונת חתך משוחזרת וריאביליות קצב לב של 20%



תמונת חתך משוחזרת . וריאביליות קצב לב של 2%



# תוצאות



תמונות החתך שהתקבלה מסימולציה על מודל עם חסימת סידן של 2mm (מסומנת בחץ)