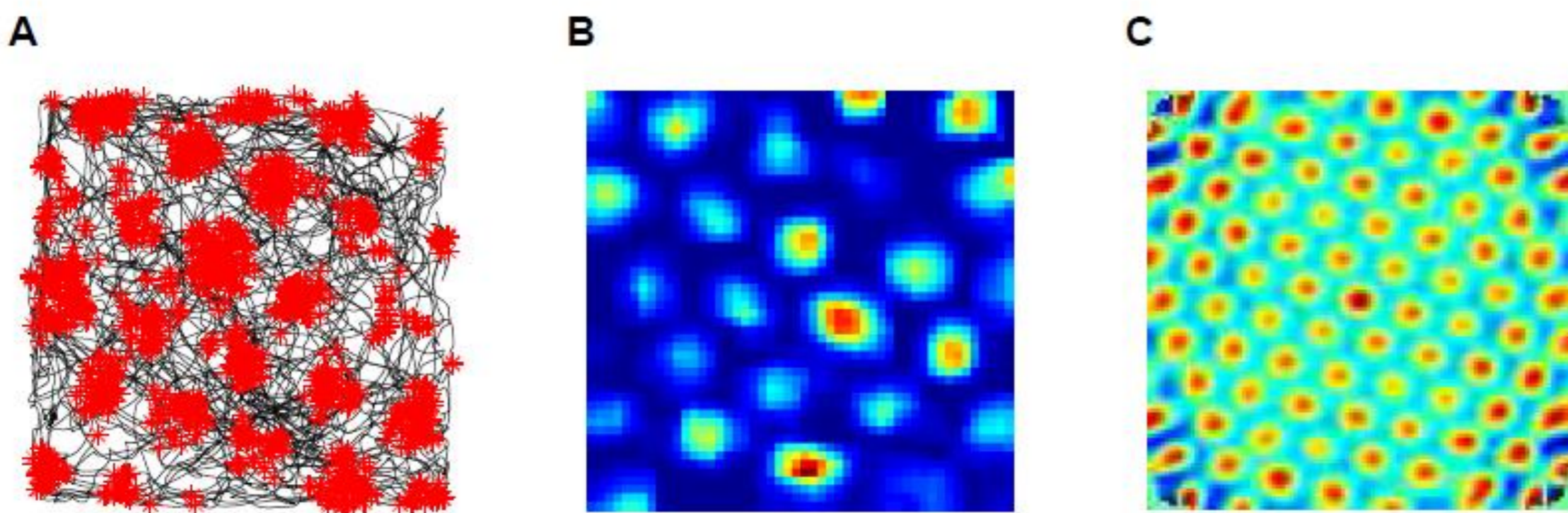


## חניכה: יעל שרים, רחובות מנחה-עמית: אלון רובין, מכון ויצמן למדע



### הבסיס הנוירוני לזיכרון מרחבי: תאי מקום ותאי שריג

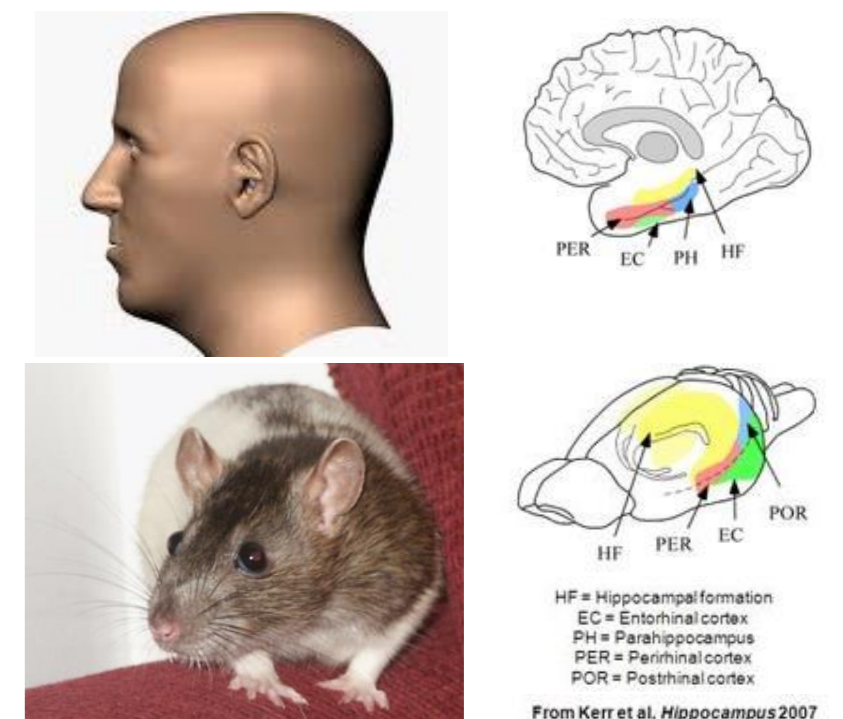


תא שריג

A מסלול התנועה של החולדה בזירה (קו שחור), והמיקומים בהם נקלטו פוטנציאלי פעולה (ירי) של התא המוקלט (נקודות אדומות).  
B מפת ירי, קצב הירי של התא במיקומים שונים בזירה (אדום- קצב ירי גבוה, כחול- קצב ירי אפסי).  
C אוטו קורלציה מרחבית של מפת הירי. ניתן להבחין בתבנית הריצוף המשושה של המרחב.

אחד המבנים המוחיים הנחקרים ביותר הוא ההיפוקמפוס (Hippocampus). מחקרים בנבדקים אנושיים העלו כי איזור זה לוקח חלק פעיל ביצירת זיכרונות דקלרטיביים. במכרסמים, נמצאו בהיפוקמפוס תאי עצב (נוירונים) רבים אשר פעילים, כלומר נוטים להעלות את תדירות פוטנציאלי הפעולה שלהם ("קצב ירי") כאשר החיה עוברת באזור מסוים במרחב, נוירונים מסוג זה מכונים **place cells** (תאי מיקום). אזור נוסף המשמש כאזור הפעיל בעיבוד המידע המרחבי הוא האינטורהינל קורטקס (Entorhinal cortex). באזור זה קיימים סוגים שונים של נוירונים הלוקחים חלק פעיל בעיבוד המרחב, בניהם תאי השריג, הנמצאים בקשר עצבי עם תאי המיקום שבהיפוקמפוס ויחד הם משמשים גורם עיקרי ביכולת העיבוד המרחבי.

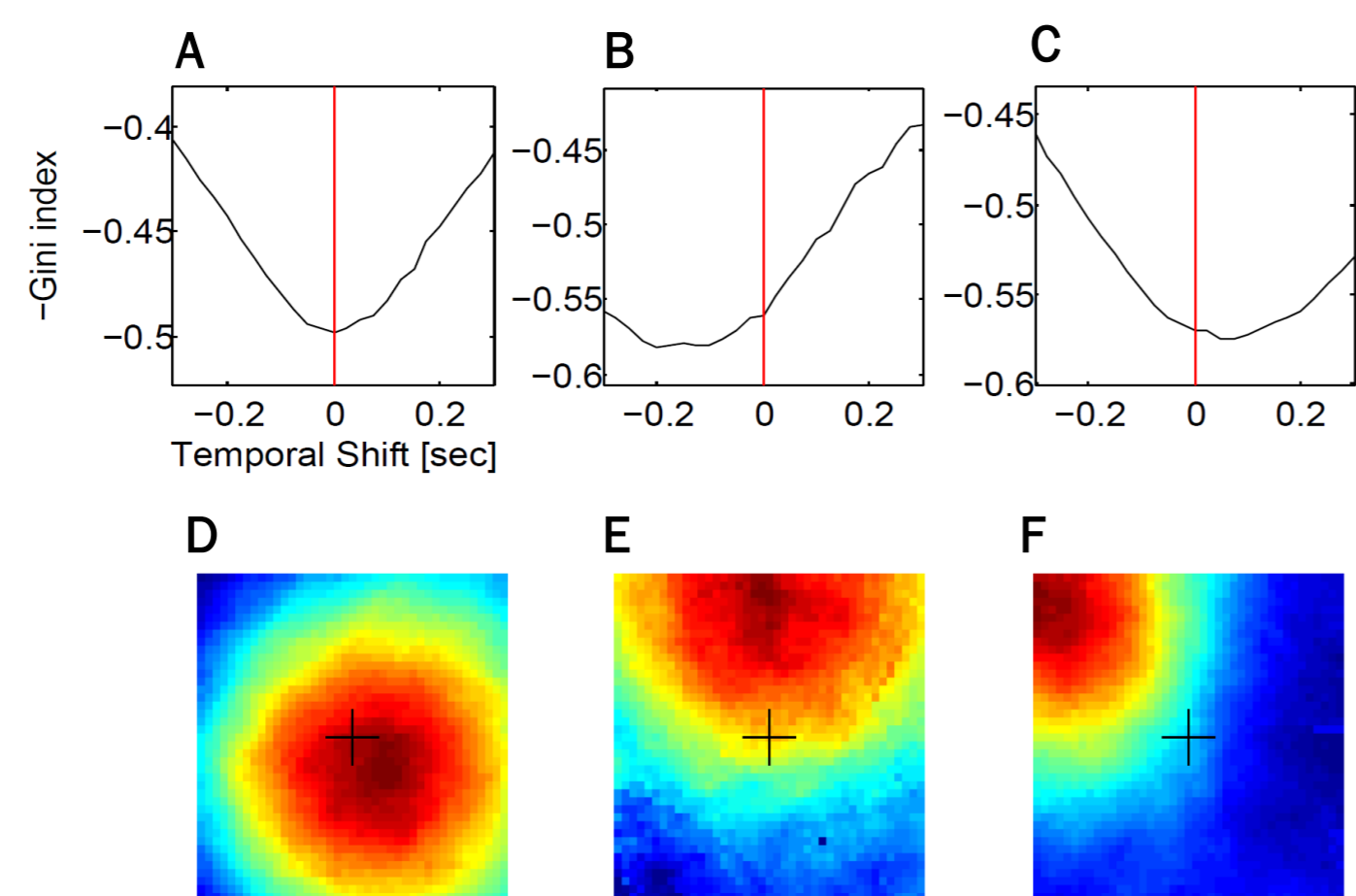
**מפת הירי** של נוירון מתקבלת מחלוקת הזירה לפיקסלים מרחביים וחישוב זמן שהות החיה בכל פיקסל ובמקביל חישוב סך הירי בכל פיקסל לאורך כל הניסוי. חלוקת מספר הספייקים במשך זמן שהות, מגדירה את קצב הירי הממוצע לכל פיקסל ומכאן את רגישות פעילות התא למיקום חיה במרחב.



### היסטי מרחב וזמן בתבניות ירי

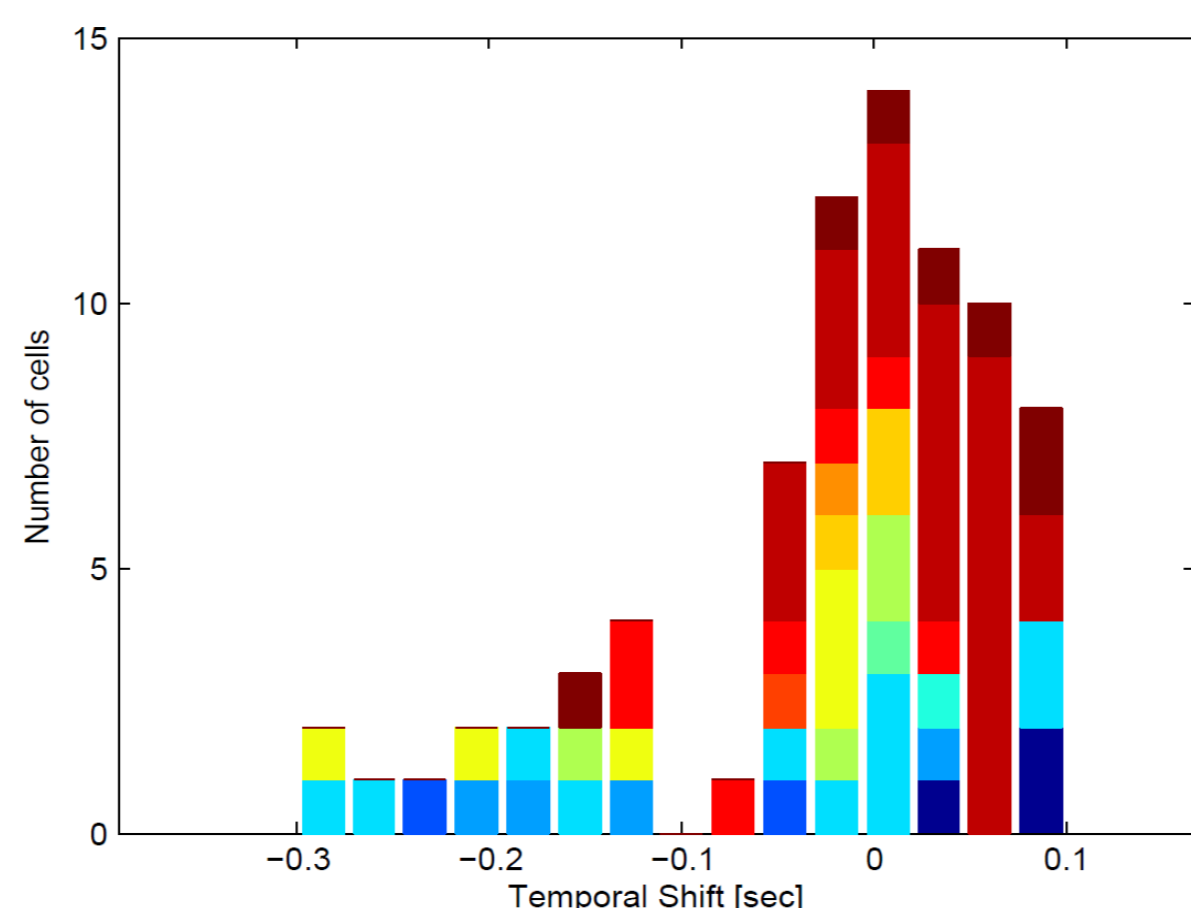
פעילותם של תאים שונים מתאפיינת בהיסטים שונים, הן בזמן תוך קידוד אופטימלי למיקומה הנוכחי (A), הקודם (B) או העתידי (C) של החיה (הקו האדום מציין היסט אפסי) והן במקום, לדוגמה: היסט אפסי (D), לפני (E) ולפנים-שמאלה (F). הצלב השחור מציין היסט מרחבי אפסי.

היסטים מועדפים בתאים שונים



התפלגות היסטי הזמן בקרב כלל אוכלוסיית התאים.

מספר התאים המתאפיינים בכל היסט זמן. צבע מציין את זהות החיה. ניתן להבחין בשתי אוכלוסיות תאים: תאים בעלי היסט זמן אפסי עד חיובי קטן (כ-100 מילישניות) ותאים בעלי היסט זמן שלילי (-100 עד -300 מילישניות), לעיתים תאים שונים שהוקלטו באותה חיה התאפיינו בהיסט זמן שונה.



### שיערוך היסטים בפעילות נוירולית

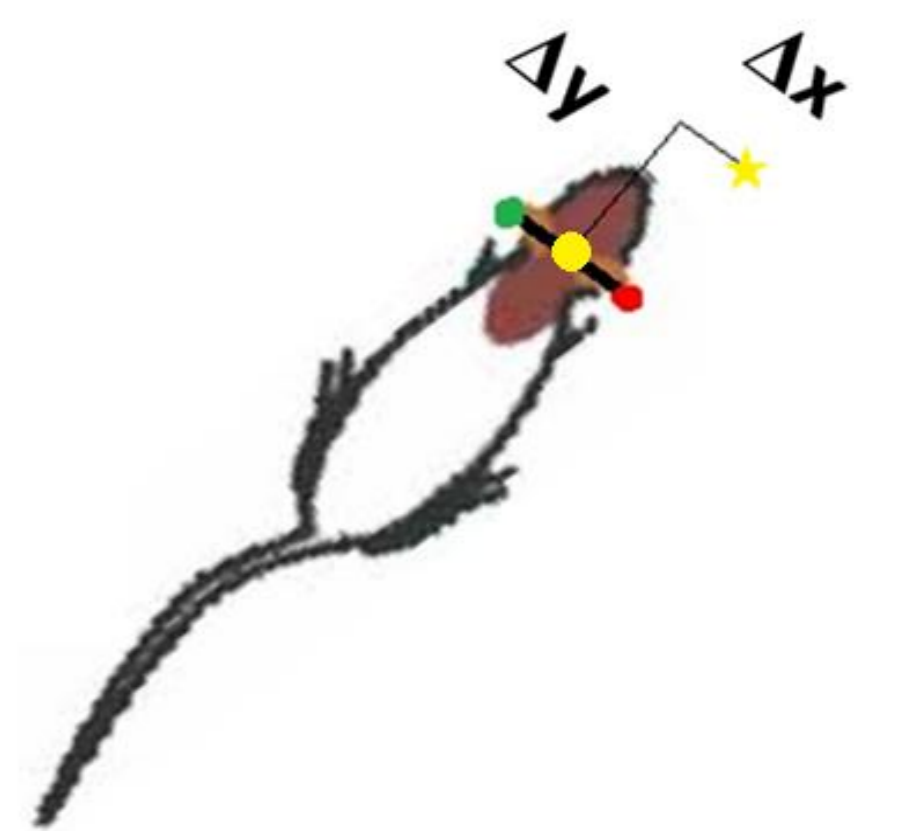
בפריקט זה, ניתחנו מידע מניסויים (Derdikman et al., 2009) במסגרתם תועד מיקומן של חולדות באמצעות מצלמת וידאו ובמקביל הוקלטה פעילותם של תאים מאזור ה-EC. תאים רבים באזור מוח זה נושאים אינפורמציה בנוגע למיקומה של החיה במרחב, וניתן להעלות את השאלה איזה חלק בגוף החולדה ואיזו נקודת זמן הם הרלוונטיים לאותו קידוד מקום. השתמשנו בחישוב מפת ירי ושיערוך חדותה (תוך שימוש במדד ג'יני) על מנת לשערך רמת דיוק של ההיסטים השונים, הן במרחב והן בזמן (ככל שהמפה יותר מדויקת וממוקדת היא מייצגת את ההיסט הנכון ביותר).

נקודת ייחוס זמן בחישוב מפת ירי

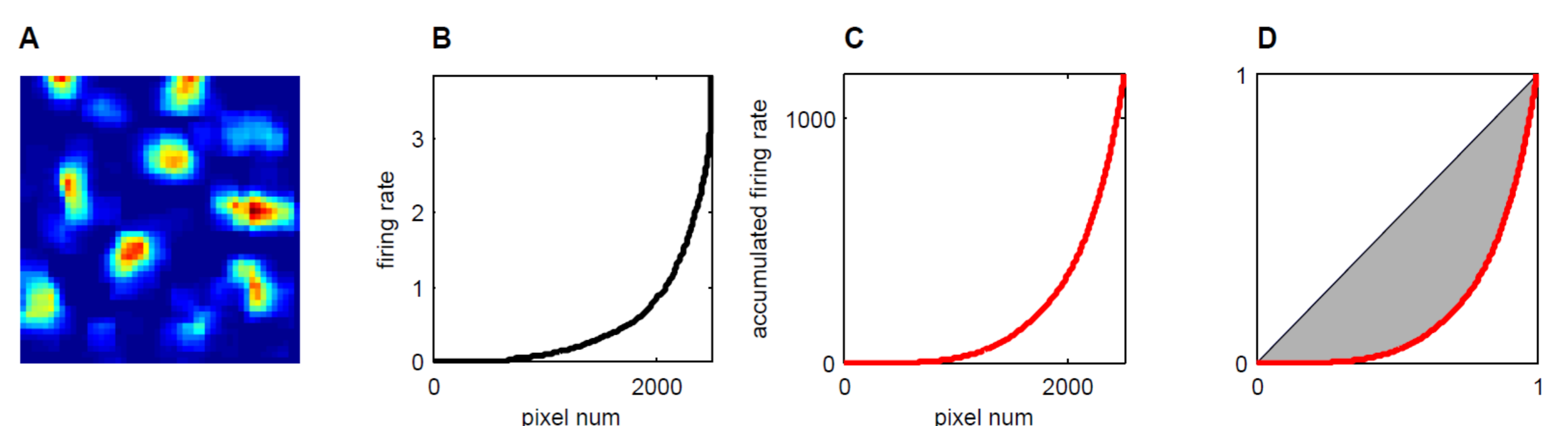
השאלה הראשונה אותה בחנו נוגעת להיסט בציר הזמן: האם פעילות התא מייצגת את המיקום הנוכחי או שהיא מקדימה/מושהית בקבוע זמן מסוים ביחס למיקום זה. לצורך כך, חישבנו את מפת הירי הן כמקובל, ביחס למיקום החיה בזמן פעילות התא, והן בהיסטי זמן שונים ביחס אליו.

נקודת ייחוס מרחב בחישוב מפת ירי

במהלך הניסוי מתבצע מעקב אחר שתי נורות צבעוניות משני צדי התקן ההקלטה שעל ראש החולדה (הנקודה האדומה והירוקה). מקובל לחשב את מפת הירי תוך זיהוי מיקום החולדה כמרכז בין שתי הנורות (הנקודה הצהובה). בעבודה זו חישבנו מפות ירי תוך שימוש בנקודות ייחוס שונות ביחס לחולדה (הכוכב הצהוב): תוך הגדרת היסט בציר הראש-זנב ( $\Delta y$ ) ובציר ימין-שמאל ( $\Delta x$ ).



הליך שיערוך חדות מפת ירי: כימות אי שוויון קצבי ירי במיקומים שונים במרחב



A מפת ירי של התא (מחושבת בהינתן היסט מרחב או זמן מסוים).

B קצב ירי ממוצע בכל פיקסל מרחבי (A). הפיקסלים ממוינים על ציר ה-X ע"פ קצב ירי עולה.  
C קצב ירי מצטבר על X הפיקסלים בעלי קצב הירי הנמוך ביותר (אינטגרל על B).  
D גרף זהה ל-C. מספר הפיקסלים המרחביים וסכום כל קצבי הירי מנורמלים שניהם ל-1 (ציר ה-X וציר ה-Y בהתאמה). השטח (באפור) שמעל הגרף ומתחת לקו הזהות (0,1) מוכפל ב-2: זהו מדד ג'יני.

### מסקנות ודיון

בעבודה זו ניתחנו דפוסי ירי של תאי שריג שהוקלטו באזור המוח אנטורהינל-קורטקס (EC) בחולדות ואת נקודות הזמן והמרחב הספציפיות אשר משפיעות על פעילותם. הבחנו בקיומן של שתי אוכלוסיות תאים: תאים בעלי היסט זמן אפסי עד חיובי קטן (כ-100 מילישניות) ותאים בעלי היסט זמן שלילי (-100 עד -300 מילישניות), לעיתים תאים שונים שהוקלטו באותה חיה התאפיינו בהיסט זמן שונה.

ההיפוקמפוס ולכן מפתיע כי תאים בו נושאים אינפורמציה בהשגיה ביחס לזו המיוצגת בתאים בהיפוקמפוס. בעבודה זו בחנו בנפרד את היסטי הזמן וההיסטים המרחביים בתאים שונים בקרב כלל האוכלוסייה. ניתוח מעמיק יותר של הנתונים יאפשר לבחון את הקשר בין שני סוגי ההיסטים וביניהם לבין תכונות אנטומיות ופונקציונליות נוספות.