



*Publications of the Interdisciplinary
Center for Neural Computation*

Issue No. 2

April 2005

הקדמה

המרכז לחישוביות עצבית ממשיך לעמוד בחזית מחקר המוח. השנה הוכרנו כמרכז מצוינות אירופי וזכינו לתקציב מיוחד להזמנת אורחים מאירופה – כמאה במספר – שילמדו אצלנו כיצד לשלב גישות רב-תחומיות בחקר המכונה המורכבת מכולן – המוח.

אסופת המאמרים שלפנינו הינה ייצוג צנוע של עבודות המחקר הרבות שפרסמו השנה חברי המרכז והסטודנטים השייכים למסלול הדוקטורט ב"מדעי המוח: חישוב ועיבוד מידע". מאמרים אלה התפרסמו בכתבי העת המדעיים הטובים בעולם, והם מבטאים הן את המגוון הרחב של הנושאים הנחקרים במרכז המעניין שלנו והן את הגישה הרב-תחומית שאימץ לו.

חקר מחלת הפרקינסון - המחקר הראשון בוצע במעבדתו של פרופ' חגי ברגמן. הוא עוסק במחקר מחלת הפרקינסון ומברר כיצד חומרים כימיים משתחררים באזורים במוח בתגובה לגמול צפוי. מתברר שהמערכת הדופמינרגית (המשחררת את הטרנסמיטר דופמין) והמערכת הכולינרגית פועלות בעת ובעונה אחת, ושתייהן קשורות לתגובה לגמול הצפוי וכן ליכולת הלימוד, המתממשת בקשר שבין אזור מוח אחד – הסטריאטום – לאזור מוח אחר – קליפת המוח. למחקר זה חשיבות קלינית מכרעת, שכן הוא מקשר את מחלת הפרקינסון לתגובה לקויה של המוח לגמול צפוי.

תנועת זרוע התאון - המחקר השני, ממעבדתו של ד"ר בנימין הוכנר, חוקר את תנועת הזרוע של התמנון. בזרוע התמנון אין פרקים ואין עצמות, ונשאלת השאלה כיצד הוא מתכנן תנועת הושטה ותפיסת חפץ (מזון) וכיצד הוא מבצע אותה באמצעות זרוע גמישה כל כך. מתברר שהתמנון הופך זמנית את זרועו למעין זרוע מפרקית, בעלת שני מפרקים קשיחים שווים באורכם, בדומה לזרוע האדם. את מקום ה"מפרקים" הוא קובע על פי העצם שאותו הוא מנסה לתפוס. מחקר זה מקדם את הבנת האסטרטגיה שבאמצעותה התמנון שולט באופן מופלא כל כך בתנועת שמונה זרועותיו.

צפיית האוח - המאמר השלישי מתאר מחקר שנעשה במעבדתו של פרופ' ישראל נלקן, החוקר את הקשר בין המוח למוזיקה. עניינו של המחקר הוא ייצוגם של אותות שמיעתיים מורכבים בקליפת המוח השמיעתית. מתברר שכבר בקליפה זו מיוצגת "תמונה שמיעתית" שלמה, שלא כמו במערכת הראייה, שבה מיוצגים בקליפת המוח המתאימה רק חלקים של התמונה הראייתית (קווים, צבע), והתמונה כולה מיוצגת בחלקיה העמוקים של המערכת הזאת. אכן, הבדל מעניין בן שתי מערכות החוש האלה.

דינמיקה עצבית האוח הראייתית - המחקר הרביעי בא ממעבדתו של פרופ' חיים סומפולינסקי, שחקר את הדינמיקה העצבית בקליפת המוח הראייתית במצבים ספונטניים, ללא גירוי ויזואלי, ואת הקשר שבינה ובין ארכיטקטורת הקשרים הסינפטיים במערכת זו. מתוך השוואה בין המודל שפותח לבין המפות הספונטניות שנמדדו לאחרונה בהדמיה אופטית, המחקר מעלה מסקנות חשובות באשר לאופי המצבים הדינמיים השונים של קליפת המוח והשפעתם על תהליך העיבוד הראייתית. העבודה מקדמת מאוד את הבנתנו באשר לדרך שבה תכונותיה הפיזיקליות של הרשת המוחית מעצבות את הדרך שבה אנחנו תופסים את העולם.

אוח האצבית - המחקר החמישי נעשה במעבדתה של פרופ' חרמונה שורק, העוסקת בהשפעת לחץ על מערכת העצבים. תוצאות המחקר מלמדות כי באמצעות שיטות מולקולריות ניתן לזהות בדם מצבי לחץ שבהם נתון הנבדק וכי התגובה ללחץ משתנה מנבדק לנבדק על פי גורמים גנטיים ואישיים. לממצא זה השפעה קלינית מרחיקת לכת; הוא מאפשר איתור מוקדם של בני אדם הרגישים באופן מיוחד למצבי לחץ.

כיצד פועל האוח הקטן? - המחקר השישי הוא ממעבדתו של פרופ' יוסף ירום. במחקר נמצא, הן באופן ניסויי והן בהסתמך על מודל מתמטי, שהתאים העיקריים במוח הקטן (האחראי לתנועה וללמידה מוטורית) – תאי הפורקיניה – הם בי-סטיבליים, כלומר בעלי שני מצבי התנהגות יציבים. סיב עצב המפעיל תאים אלה – "הסיב העולה" – משמש מעין מתג המעביר את מצב הפעילות של התא ממצב פעיל למצב בלתי פעיל וחוזר חלילה. ממצא זה משנה כליל את מחשבתנו על פעילות המוח הקטן ומקדם מאוד את הבנתנו באשר לתפקודו של חלק מוח חשוב זה.

אמה אנה האוח הראייתי א3א ציווריקט? - במחקר השביעי, ממעבדתו של פרופ' אהוד זהרי, ניתן גירוי אלקטרו-מגנטי מחוץ לגולגולת לאזורי מוח ראייתיים במוח של עיוור מלידה. הממצא המפתיע הוא שאזורי ראייה קלאסיים מטפלים אצל העיוור מלידה (ורק אצלו) בעיבוד שפה, וכי גירוי חשמלי מקומי באזורים הראייתיים אצל העיוור מלידה (ורק אצלו) מקלקלים את יכולתו לעבד שפה. מתברר שהמוח הוא כה דינמי עד שבמקרים מיוחדים (כמו עיוורון מלידה) מתגייס אזור אחד (ראייתי) לטיפול במידע השייך לאזור אחר (שפה). ונשאלת השאלה: האם ניתן להיעזר באזור מוח אחד בליקוי באזור מוח אחר גם במקרים אחרים?

אכן, תוצאות מרתקות.

בידידות,

עידן שגב

ראש המרכז לחישוביות עצבית

Preface

The Interdisciplinary Center for Neural Computation (ICNC) remains at the forefront of brain research. This year, we were recognized by the European Commission as a Center of Excellence, the best in the field of Neural Computation, and awarded funds to invite to the ICNC labs. some hundred guests from Europe, who are to study with us the integration of interdisciplinary approaches in order to the study the most intricate machine of all – the brain.

The present collection of articles is a modest sample of the many papers published this year by Center faculty and doctoral students. The articles all appeared in the most prestigious professional journals around the world and they represent both the wide range of topics studied at our unusual Center and the inter-disciplinary approach it has adopted.

Parkinson's research - The first research was carried out under Prof. **Hagai Bergman** who is studying Parkinson's disease and the release of chemical substances in various parts of the brain in response to expected reward. It appears that the dopaminergic system (which releases the transmitter dopamine) and the cholinergic system act concurrently, and both are related to the response to expected reward as well as to learning ability, which occur in the connection between one part of the brain – the striatum – and another – the cortex. The study has crucial implications for it indicates a connection between Parkinson's disease and an erroneous response to an expected reward.

Movement of the octopus arm - The second research, under Dr. **Binyamin Hochner**, examines the arm movements of the octopus. Since the octopus appendage is flexible, lacking joints and bones, the question is how does it plan and execute locomotion and object (food) acquisition. Apparently, the octopus temporarily converts its appendage into an arm with two equidistant rigid joints, like the human arm. The object targeted determines the location of the joints. This research advances our understanding of the amazing strategy adopted by the octopus to control the movement of its eight appendages.

Sounds in the brain - The third article describes the work done in the laboratory of Prof. **Israel Nelken**, who is examining the connection between the brain and music. The research focuses on the representation of complex sounds in the auditory cortex. It transpires that a complete “auditory scene” appears on the auditory cortex, in contrast to the visual system in which only part of the visual picture (i.e., lines, color) is represented in the corresponding cortex. Indeed, in the visual system the entire picture is represented in deeper parts of the system. This is thus an interesting difference between the two sensory systems.

Dynamics in the visual brain - The fourth research, under Prof. **Haim Sompolinsky**, probes the neurodynamics of the visual cortex in spontaneous states, i.e., in the absence of visual stimulation, and explores its connection to the cortical synaptic architecture. Comparing the behavior of a recently developed model to optical imaging maps of spontaneous activity, the study draws important conclusions about the nature of the cortical dynamical states and their effect on visual processing. The study advances considerably our understanding of the interplay between intrinsic brain dynamics and the manner in which we perceive the external world.

Stress in the brain - The fifth research, conducted under Prof. **Hermona Soreq**, investigates the effects of stress on the nervous system. The results show that a subject's state of stress is molecularly identifiable in the blood and that the response to stress varies from one subject to another according to genetic and individual factors. This finding has far-reaching clinical applications; it makes possible for early detection of individuals who are particularly sensitive to stressful situations.

How does the cerebellum works? - The sixth research is from the laboratory of Prof. **Yosef Yarom**. He shows both experimentally and with the help of a mathematical model that the Purkinje neurons – the main neurons in the cerebellum (responsible for movement and motor learning) are bi-stable. Their climbing fiber serves as a quasi-switch to activate or inactivate the neuron. This finding thoroughly changes our thinking about the action of the cerebellum and greatly advances our understanding of the functioning of this important part of the brain.

The visual brain in the blind - In the seventh research, under Prof. **Ehud Zohary**, an electro-magnetic stimulus is administered to the visual areas of the brain in congenitally blind individuals. The surprising finding is that in such individuals (and only in them), the classic primary visual areas handle *language* processing, and that a local electric stimulus to visual areas (of congenitally blind individuals) impairs their language processing ability. The brain, it would appear, is so dynamic that in certain cases (as in the congenitally blind), one of its areas (the visual system) is recruited to handle data belonging to another area (language). The question arises if the same holds true also in other cases: can one part of the brain “use” an impairment in another part of the brain?

Indeed, interesting results!

Sincerely yours,

Idan Segev
Director, ICNC



ACKNOWLEDGEMENTS

The ICNC activities are supported by generous donations and constant involvement of the Friends of the Hebrew University in: Berlin, Frankfurt, Munich, Canada, Paris, Rome, Belgium and Amsterdam.

Alice and Jack Ormut Scholarship Grant

Simone and Bernard Guttman Chair in Brain Research

David and Inez Myers Chair in Computational Neuroscience

Irene and Carlos Friedmann Scholarship Fund

Meyer Mani Fund

Dr. Peter Alther Grant

Iris Berben Campaign

Halina Neujhar Fund

Heller Lecture Series in Computational Neuroscience

Special thanks to the Edmond J. Safra Philanthropic Foundation Fund for their constant encouragement, both financially and beyond.

Contents

1. Coincident but distinct messages of midbrain dopamine and striatal tonically active neurons

Genela Morris, David Arkadir, Alon Nevet, Eilon Vaadia and Hagai Bergman

(Published in *Neuron*)

2. Motor control of flexible octopus arms

Germán Sumbre, Graziano Fiorito, Tamar Flash and Binyamin Hochner

(Published in *Nature*)

3. Processing of complex stimuli and natural scenes in the auditory cortex

Israel Nelken

(Published in *Current Opinion in Neurobiology*)

4. Patterns of ongoing activity and the functional architecture of the primary visual cortex

Joshua A. Goldberg, Uri Rokni and Haim Sompolinsky

(Published in *Neuron*)

5. Acetylcholinesterase/paraoxonase genotype and expression predict anxiety scores in health, risk, factors, exercise training, and genetics study

Ella H. Sklan, Alexander Lowenthal, Mira Korner, Ya'acov Ritov, Daniel M. Landers, Tuomo Rankinen, Claude Bouchard, Arthur S. Leon, Treva Rice, D.C. Rao, Jack H. Wilmore, James S. Skinner and Hermona Soreq

(Published in *Proceedings of the National Academy of Science*)

6. Bistability of cerebellar Purkinje cells modulated by sensory stimulation

Yonatan Loewenstein, Séverine Mahon, Paul Chadderton, Kazuo Kitamura, Haim Sompolinsky, Yosef Yarom and Michael Häusser

(Published in *Nature Neuroscience*)

7. Transcranial magnetic stimulation of the occipital pole interferes with verbal processing in blind subjects

Amir Amedi, Agnes Floel, Stefan Knecht, Ehud Zohary and Leonardo G. Cohen

(Published in *Nature Neuroscience*)