



מורה נבוכים: הטיפול התרופתי בהפרעות קשב וריכוז

יעל שורץ*, ומשתתפי הקורס "כימיה ובריאות" **

כולנו כמורים מכירים אותו: התלמיד שמפריע בשיעורים ללא הרף, מתקשה להשלים מטלות, לא מכין בעקביות שיעורי בית, חסר תחושת זמן ולכן מאחר לשיעור לעתים מזומנות, ולעתים - לא מסתדר חברתית עם שאר ילדי הכיתה.

בספרות הילדים מתוארים בהומור ובאהבה "יפתח המלוכלך", "יהושוע הפרוע", "הקלברי פין" ו"תום סויר" כילדים שלא התנהגו כמצופה מהם בחברה שגדלו בה. גם ביקורה היחיד של "גילגי (בילבי) בת גרב" בבית הספר הסתיים בהתמוטטות עצבים של המורה בכיתה.

כיום מאובחנים חלק מהילדים הללו כלוקים בהפרעת קשב וריכוז (ADHD - Attention Deficit and Hyperactivity Disorder). בכתבה זו נרחיב מעט את היריעה על ההפרעה ועל הטיפולים התרופתיים המקובלים. בנוסף נתייחס לתוספי מזון שונים וננסה להבין את הטיעון המדעי העומד מאחורי ההצעה להשתמש בתוספים אלו.

הפרעת קשב וריכוז - פנים רבות לה

הפרעת קשב וריכוז היא למעשה מכלול של הגדרות ותיאורים של תופעה התנהגותית. ההפרעה כוללת שני תחומים:

1. ליקוי בקשב;

2. התנהגות אימפולסיבית והיפראקטיבית.

התסמינים כוללים 18 סימפטומים, מתוכם 9 העוסקים בקושי לשמור על קשב מתמשך, לעקוב אחרי הוראות ולהתעלם ממסיחים. 6 סימפטומים מתמקדים בהיפראקטיביות ו-3 נוספים באימפולסיביות, כולל קושי בעיכוב תגובה, רמת פעילות גבוהה, רמת תגובתיות גבוהה, קושי להמתין לתורם והתפרצות לדברי אחרים.

בעת קביעת האבחנה מתייחסים גם לשאלות הבאות: האם עוצמת הסימפטומים אינה מותאמת לשלב ההתפתחותי, האם הסימפטומים קיימים 6 חודשים לפחות, האם הסימפטומים הופיעו לפני גיל שבע והאם הקשיים באים לידי ביטוי בשתי מסגרות לפחות.

חוקרת המח מהמרכז הבינתחומי ד"ר נאוה לויט בן-צבי מציעה הסתכלות נוספת על הסוגיה. ממחקרים התברר כי לפחות ארבעה אזורי מח אחראים על הקשב. השניים המרכזיים הם:

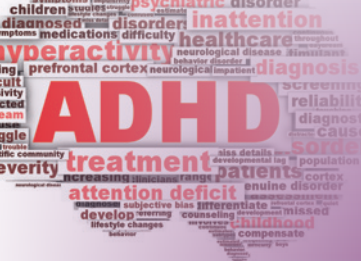
א. מערכת הפועלת כמעין "ראדאר" וכל הזמן מחפשת גירויים;

ב. אזור האחראי על התמקדות בגירוי ספציפי לאורך זמן - מיקוד (focusing).

הקשר והתיאום בין שתי המערכות נעשה באמצעות "צוותי נוירונים".

* ד"ר יעל שורץ, חוקרת במחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

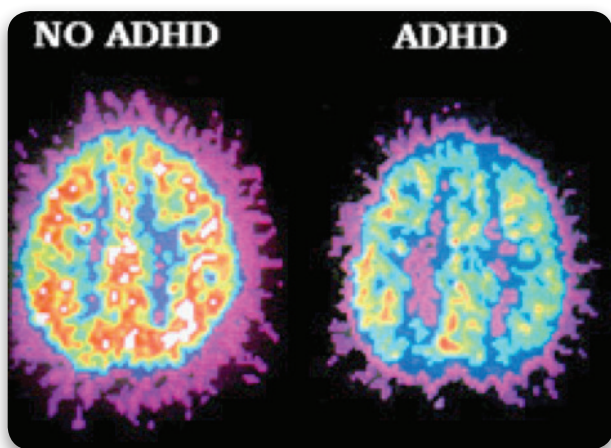
** משתתפי הקורס "כימיה ובריאות": אביגד דלית, דלאשי חיתאם, חורש עומר, מסאלחה חאלד, נסאר שהנאז, פיס-דוד-רונית, פלוטקין אורלי ושכטר אלה. הקורס התקיים בשנת תשע"ג במסגרת המרכז הארצי למורי הכימיה בהנחיית ד"ר יעל שורץ ורחל אידלמן.



חלבוניים: קולטנים לדופאמין, הקולטים את הדופאמין בתא הפוסט סינפטי; וטרנספורטרים לדופאמין, המחזירים אותו לאחסון עד לשחרור הבא (ראו מסגרת). בהיעדר שני החלבוניים האלו לא יתאפשר תפקוד תקין של דופאמין.

עוד נמצא כי חולים בעלי סימפטומים קליניים חזקים יותר סבלו מהרמות הנמוכות ביותר של חלבוניים אלו במספר אזורים במוח, ובמיוחד באונה המצחית (frontal lobe), האזור האחראי בין היתר לוויסות. התוצאה היא בעיה בוויסות של מרכיבים שונים: תנועה (היפרקינטיות), תגובה (אימפולסיביות) והכרה (הפרעת קשב וריכוז).

במחקרי הדמיה ניתן להבחין בהבדלים פיזיולוגיים בין מוחו של אדם בעל ADHD למוחו של אדם ממוצע. במחקרים נוספים שבדקו תפקוד נמצאה ירידה יחסית בניצול צריכת הסוכר והחמצן במצבים הדורשים ריכוז באזורים מוחיים אלו. ראו איור מס' 1 המראה הבדלים בזרימת הדם במוח בין אדם הסובל מהלקות לאדם בריא.



איור 1: זרימת הדם במוח באדם בריא ובאדם עם ADHD

מקובל להתמודד עם הבעיה בגישת "המשולש הטיפולי" הכולל טיפול תרופתי, טיפול פסיכולוגי ועבודה עם המסגרת החברתית. בהמשך הכתבה נדון בטיפול התרופתי בלבד.

כיום עולם הגירויים החיצוני חזק הרבה יותר מבעבר - יש עלייה בכמות הגירויים ובעוצמתם, לכן מערכת ה"ראדאר" נמצאת כל הזמן בפעולה, והיא אינה נותנת הזדמנות למערכת המיקוד לפעול ולהתמקד בגירוי יחיד.

במשחק מחשב, למשל, יש גירויים רבים המתחלפים ביניהם במהירות, ונדרש פחות מיקוד מאשר במטלה חדגונית יותר, כגון קריאת טקסט מספר. לכן כאשר ילדים צעירים מבלים שעות רבות מול מחשב, אין להם מספיק הזדמנויות לאמן את מערכת המיקוד במוח.

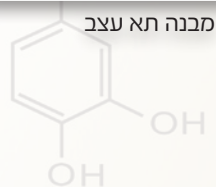
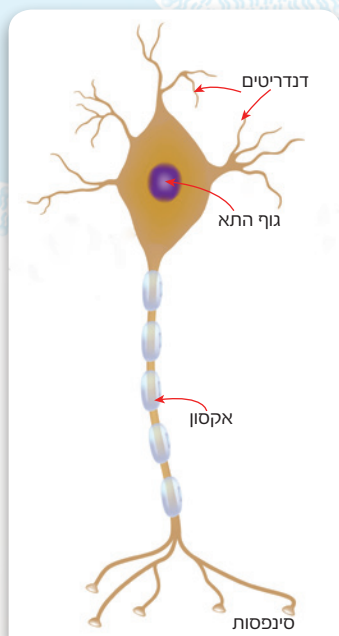
הסבר מעניין אחר למקור התופעה קיבלנו מעיון בוויקיפדיה דווקא. תאוריית ה"צייד בעולם של חקלאים" הוצעה לראשונה על ידי טום הרטמן, פסיכותרפיסט שעבד עם ילדים בעלי הפרעת קשב. זו תאוריה אנתרופולוגית המסבירה את מקורותיה של הפרעת הקשב וההיפראקטיביות במעבר של בני האדם מחיים בחברות לקט-צייד לחברה חקלאית.

על פי התאוריה, בחברות לקט-צייד יש לאנשים עם הפרעת קשב יתרון הישרדותי. הקשב של הגברים הציידים שרגיש להפרעות מהסביבה, בעיקר הפרעות רעש, היכולת לעבור למצב של התמקדות-יתר במצבים של סכנה, רמת האנרגיה הגבוהה, האימפולסיביות, הנטייה לקחת סיכונים והחיפוש אחרי אדרנלין - כל אלה הן תכונות מאפיינות של הפרעת הקשב וההיפראקטיביות. עם הזמן, כשהאדם עבר לתרבויות חקלאיות, חלה הסתגלות אבולוציונית, וכיום רוב האנשים אינם מאופיינים בהפרעת קשב ובהיפראקטיביות. מנקודת המבט של תאוריית הצייד בעולם של חקלאים, הפרעת הקשב וההיפראקטיביות אינן לקויות, אלא צורת פעילות שונה של המוח שיש לה יתרונות במצבים מסוימים. עם פרסומה עוררה התאוריה של הרטמן תשומת לב רבה, אולם היא לא פותחה ונזנחה. נטען גם כי התאוריה חסרה פן יישומי-טיפולי.

הרקע הכימי והביולוגי להפרעה

ככל הנראה ההפרעה נובעת משיבוש במסלולים הקטכולאמינרגיים דופאמין ונוראפינפרין (אדרנלין). חוקרים אמריקניים (וולקו וחובריה, 2009) מצאו הבדלים ברמות 2

העברת האות בסינפסה

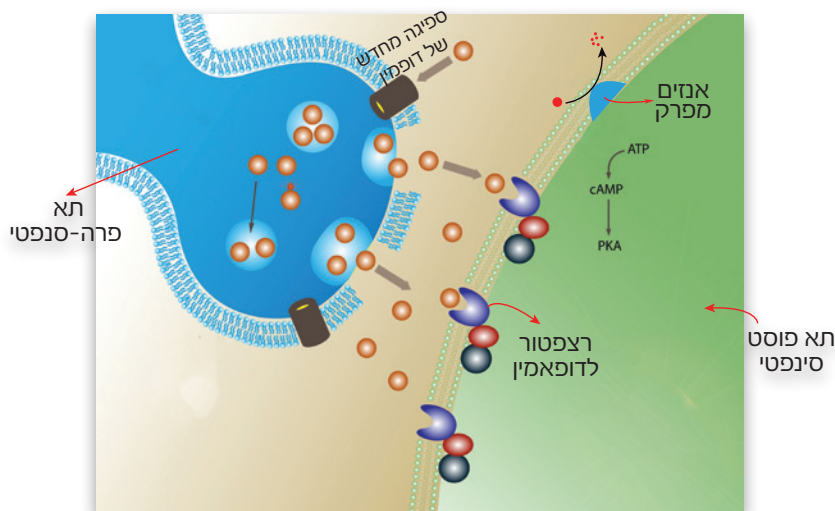


תא עצב טיפוסי מורכב ממספר חלקים, כפי שניתן לראות בתרשים. לאורך האקסון מועבר האות העצבי בדחף חשמלי. בין קצה אקסון של תא עצב אחד לדנדריט של תא עצב סמוך יש מרווח שאות חשמלי אינו יכול לעבור דרכו. מרווח זה קרוי **סינפסה**. כאשר הדחף החשמלי מגיע לסינפסה, הוא גורם להפרשת חומר המכונה ניוטרנסמיטור (בעברית מתווך עצבי). המתווך העצבי נקשר לקולטנים בתא העצב השכן ומעורר דחף עצבי בתא השכן.

לאחר שחרור הניוטרנסמיטור לסינפסה, יש צורך בפירוקו או בפינויו המהיר משם, שאם לא כן - ימשך הדחף העצבי זמן רב מדי, ולבסוף תהיה מעין "התעייפות" של המערכת ושיתוקה.

שני מגגנונים עיקריים אחראים לסילוק הניוטרנסמיטור מהסינפסה:

- שאיבה של הניוטרנסמיטור בחזרה אל תא העצב שהפריש אותו. הניוטרנסמיטור נאגר לשימוש חוזר בדחף הבא. שאיבה זו נעשית על-ידי טרנספורטרים חלבוניים ספציפיים.
- פירוק של הניוטרנסמיטור על ידי חומרים המצויים במרווח הסינפטי (למשל אצטיל כולין אסטרזאז האחראי לפירוק אצטיל כולין לאחר הפרשתו בסינפסה).



העברת אותות דרך הסינפסה

הטיפול התרופתי בתסמונת

הפרה-סינפטי, ובה בעת מונע את ספיגתו מחדש בקצה העצב הפרה-סינפטי, ככל הנראה על ידי עיכוב של הטרנספורטר האחראי להסרת הדופמין מהסינפסה. בכך מוארך זמן פעילותו של דופאמין בסינפסה (ראו מסגרת).

מטבוליזם

מתילפנידאט מופרש מהגוף באמצעות מערכת השתן. 10%-20% מופרשים ללא שינוי מטבולי, שכן החומר מסיס במים. כ-80% מהחומר עוברים בכבד תגובה של דה אסטרטיפיקציה - הידרוליזה, ומתקבל פניל פיפרידין אצטט - חומצה ריטלינית שהיא חסרת פעילות פרמקולוגית ומתמוססת בקלות במים, ראו איור 4.

קונצרטת - שחרור מושה של מתילפנידאט

לחומר הפעיל בריטלין יש זמן פעילות קצר יחסית: 1-4 שעות. ילדים שנזקקו לתרופה, נדרשו לקחת אותה מספר פעמים ביום. הדבר היווה קושי טכני וגם יצר סטיגמה חברתית שדבקה באותם הילדים. עלה הצורך בתרופה שתספק מענה למספר רב יותר של שעות שיספיקו גם לזמן ביה"ס וגם לשעות אחה"צ המוקדמות שבהן הילדים מכינים את שיעורי הבית.

קיימות מספר תרופות לשחרור מושה של ריטלין שפותחו לפתרון בעיה זו. אחת מהן ידועה בשם קונצרטת. החידוש בקונצרטת הוא במבנה הקפסולה. הקפסולה נעשית בשיטת Osmotic Controlled Release Oral System OROS שמבצלת לחץ אוסמוטי כדי לשחרר את החומר הפעיל בצורה מבוקרת. במרכז הקפסולה ישנן 3 שכבות, 2 מתוכן מכילות 78% מהחומר הפעיל ושכבה אחת מכילה קומפוננטים בעלי פעילות אוסמוטית. ה"ל"ל מוקפת בממברנה חצי חדירה. כל ההרכב הזה עטוף בשכבה שמכילה 22% של החומר הפעיל לשחרור מידי בסביבה מימית. המעטפת החיצונית מומסת בשעה הראשונה ומספקת את הריכוז הראשוני של מתילפנידאט. מים חודרים דרך הממברנה אל תוך המרכז, המבנה מתרחב, וחומר פעיל נוסף משתחרר דרך חריר קטן.

הממברנה הפעילה אוסמוטית שולטת על הקצב שבו נכנסים המים, ובפועל היא שולטת גם על קצב השתחררות החומר הפעיל. ההשפעה של קונצרטת נמשכת כ-12 שעות ומספקת מענה לצורכיהם של הילדים או המבוגרים המשתמשים בה. קונצרטת אושרה באפריל 2000 ומוגנת בפטנט עד 2018.

ניתן לבצע ניסויי חקר בנושא שחרור מושה, כמפורט בסוף הכתבה: **הסוד הכמוס בכמוסה - ניסויי חקר בכימוס (אנקפסולציה) של תרופות.**

תרופות נוספות לטיפול בהפרעת קשב וריכוז

אדרל Adderall

גם אדרל היא תרופה ממשפחת האמפטמינים. התרופה נמצאת בשימוש למעלה מ-30 שנה בארה"ב, בקנדה ובמדינות נוספות. התרופה אינה רשומה עדיין בארץ, אם כי ניתן לרכוש אותה.

התרופה מורכבת מארבעה חומרים שונים השייכים כולם למשפחת האמפטמינים:

dextroamphetamine saccharate, amphetamine aspartate monohydrate, dextroamphetamine sulfate, amphetamine sulfate.

האמפטמינים השונים מעודדים הפרשת דופאמין, נוראפינפרין ובמידה פחותה - סרוטונין.

להרכב הזה כמה יתרונות

- **השילוב הוא בעל עוצמה גדולה יותר מאשר ריטלין.** ולכן מתאים לאנשים שריטלין אינו משפיע עליהם, או מאפשר לקחת מינון קטן יותר וכך להקטין את הסיכון של תופעות לוואי.
- **פעילות ארוכה יותר:** חלק מהחומרים מתחילים לפעול מידית, יש הפועלים לאחר כשעתיים, ואחרים - אחרי ארבע שעות. בכך מתקבלת השפעה ארוכת טווח.
- **פחות תופעות לוואי:** היות שהמינון של כל אחד מהחומרים נמוך יותר, יש פחות תופעות לוואי מריטלין.

• חומצה שבה הקשר ה-3 בין אטומי הפחמן הוא כפול, מכונה "חומצה אומגה 3 (3-ω)", כשהקשר ה-6 הוא הכפול, חומצת השומן מכונה אומגה 6 (6-ω). גוף האדם אינו מסוגל לייצר חומצות שומן אומגה 3 ואומגה 6, ולכן הוא זקוק להן ממקורות חיצוניים.

המקורות הימיים (דגים) מספקים רק שתיים מתוך שלוש החומצות החשובות

(EPA – eicosapentaenoic acid, DHA – docosahexaenoic acid),

ואילו המקורות הצמחיים מספקים את החומצה ALA (alpha-Linolenic acid) המתפרקת בגוף לשתיים האחרות.

לאומגה 3 שני תפקידים במוח:

1. הסדרת התקשורת הכימית הבין עצבית בסינפסה.
2. בידוד החלק החשמלי של העצב, האקסון, מהסביבה המימית של המוח ובכך מניעה של זליגת האות החשמלי מהעצב.

אם אין מספיק אומגה 3 מסוג EPA ו-DHA - את מקומן תופסת חומצת שומן מסוג חומצה ארכידונית שהיא אומגה 6. לחומצה ארכידונית פעילות הפוכה לזו של EPA ו-DHA היא מגבירה מאוד את פעילות המערכת החיסונית וגורמת לתופעות אוטואימוניות ומשבשת את התקשורת הכימית בין העצבים בסינפסה.

אומגה 6 נפוצה מאוד בתזונה הישראלית - כל הדגנים, התירס וכל השמנים הצמחיים (מלבד שמן זית ושמן קוקוס ודקל) מכילים כמויות עצומות של אומגה 6 ומעט מאוד אומגה 3, ולכן לרוב ילדינו יש עודף גדול של אומגה 6 ומחסור באומגה 3, מה שמביא בנוסף על מחלות רבות אחרות גם הפרעות עצביות והתנהגותיות הקשורות בהסדרת הפעילות העצבית במוח. כאן חשוב לציין כי גם חומצות אומגה 6 חיוניות לגוף האדם. מה שחשוב בתזונה הוא לשמור על יחס מאוזן בין צריכת אומגה 3 לאומגה 6 ולא להימנע לחלוטין מצריכת אחד מסוגי החומצות השומניות.

במספר מחקרים נמצא כי בדמם של ילדים הסובלים מהפרעות קשב וריכוז קיימות רמות נמוכות יחסית של חומצות שומן מסוג אומגה 3, וכי העשרת התזונה היומית בחומצות אלה, בעיקר ב-EPA, עשויה להביא להקלה במגוון תסמיני ההפרעה.

מינרלים

מינרלים מסוימים חשובים לפעילות תקינה של מערכת העצבים בכלל, ומערכת עצבים המרכזית בפרט: המגנזיום נחוץ להעברה תקינה של אותות במערכת העצבים, והאבץ משמעותי לתהליכי החשיבה.

במחקר קליני הוכיחו קשר בין רמות נמוכות של חומצות שומן חופשיות בסרום לבין רמות נמוכות של אבץ בשיער ובסרום של ילדים עם ADHD. ממצא זה מרמז על כך שהבעייתיות במטבוליזם של חומצות השומן שהוזכרה קודם לכן עשויה לנבוע, לפחות בחלקה, מחסר באבץ. שני מחקרים נוספים מצאו שתוסף אבץ הפחית היפראקטיביות ואימפולסיביות - אבל לא שיפר את הריכוז.

בננות

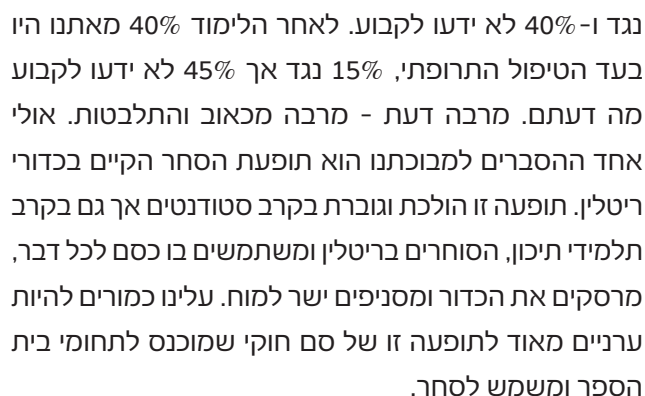
הבננה מכילה טריפטופן, חומצה אמינית שהגוף ממיר לסרוטונין המפקח על פעילויות שונות במוח ובמערכת העצבים המרכזית וידוע כמרגיע, משפר את מצב הרוח וגורם להרגשה טובה יותר.

סוכר

סוכרוז, הסוכר המצוי בסוכר השולחן (סוכר לבן וסוכר חום), עדיין שנוי במחלוקת כתורם ישיר ל-ADHD. מה שידוע ממחקרים הוא שדיאטות עתירות סוכרוז קשורות לביצוע קוגניטיבי ירוד בילדים. בנוסף הראו מחקרים קליניים שיפור בהתנהגות ובביצועים הבית ספריים בקרב ילדים שעברו לתזונה עתירת מרכיבים מזינים וללא "ג'אנק פוד" עתיר סוכרוז, ללא חומרי טעם, צבעי מאכל וחומרים משמרים.

L-Carnitine (מכונה גם ויטמין B_T)

זוהי תרכובת ובה אמין רבעוני המסונתזת בתאי הגוף מחומצות האמינו ליזין ומתיונין. קרניטין נחוץ להעברה פעילה של חומצות

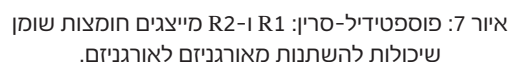


אחד הדברים החשובים שלמדנו הוא שהלקות היא בעלת מקור פיזיולוגי, ושם נבין שהתלמידים חווים קושי אמיתי להתרכז בלימודים ונמצא מסילות ללבם ול"מוחם", נוכל לעזור להם לתפקד טוב יותר ולמצות את הפוטנציאל האינטלקטואלי שלהם. על כך כבר אמרו חכמים: "חנור לנער על פי דרכו".

המשוערת לעכב מוות של
תאי-עצב מוחיים
ולהפחית נזקים חמצוניים
המובילים להזדקנות
רקמת העצבים.



פוספטידיל-סרין הוא פוספו-ליפיד המצוי בקרום התאים וחיוני לפעילותם התקינה של כל תאי גופנו ושל תאי המוח בפרט. נמצא כי פוספטידיל-סרין משפיע על הולכת אותות, חילוף חומרים, שפעול חלבונים ספציפיים במוח וכן על תהליכים נוספים המעורבים ביכולות למידה ובהיבטים התנהגותיים. לטענת המשווקים (בארץ - חברת טבע) התערוכת מקלה על מגוון תסמיני הפרעות קשב וריכוז ובבדיקה במחקרים קליניים בילדים.



תודה מיוחדת לד"ר רות בן צבי על עזרתה במציאת מקורות מידע עדכניים.

1. <http://www.kidspedia.co.il/mamar.asp?id=51>
2. <http://www.rikuz.co.il/>
3. <http://flipper.diff.org/app/items/info/3000>
4. Foster, B. J.; Lavagnino, E. R.; European Patent, 1982, EP 0052492.
5. <http://www.doctors.co.il/>
6. <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4191694,00.html>
7. <http://www.eatwell.co.il/?CategoryID=223&ArticleID=1250>
8. <http://www.eatwell.co.il/?CategoryID=223&ArticleID=727>
9. <http://www.netogreen.co.il/categories5a50b204.aspx>
10. Volkow, Wang, Kollins, Wigal, Newcorn, Telang, Fowler, Zhu, Logan, Ma, Pradhan, Wong, Swanson (2009). JAMA. 2009;302(10):1084-1091. doi:10.1001/jama.2009.1308.

11. אתר חברת טבע

הסוד הכמוס בכמוסה

ניסויי חקר בכימוס (אנקפסולציה) של תרופות

רותי שטינגר, ד"ר מירי קסנר, ד"ר דנה ירון-מרקוביץ, ד"ר אורלי לכיש-זלאיט וד"ר חנה מרגל
מכון דוידסון לחינוך מדעי, מכון ויצמן למדע

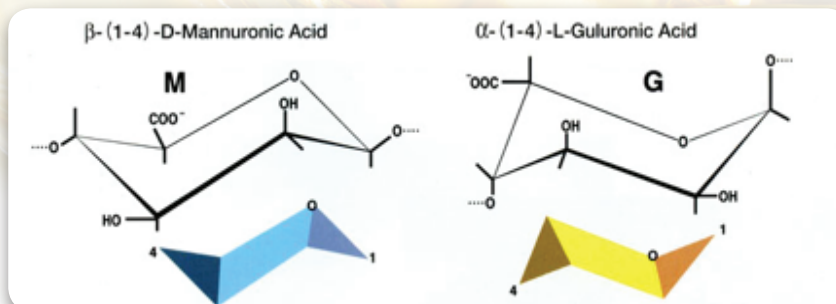
במסגרת "תכניות מדעיות לכיתות" שבמכון דוידסון לחינוך מדעי, מוצעת פעילות שבה התלמידים מכינים כמוסות ועורכים ניסויי חקר העוסקים בתכונות הכמוסות.

כימוס (אנקפסולציה) הוא תהליך של "לכידת" חומר אחד בתוך חומר אחר. באמצעות הכימוס ניתן "להגן" על חומרים ולגרום לשחרורם המבוקר. הכימוס נפוץ בתעשיית התרופות, חומרי הדברה, מזון, דיו, קטליזה, קוסמטיקה ועוד.

בניסויי חקר בכימוס של תרופות, התלמידים מכינים כמוסות המדמות כמוסות של תרופות ועוקבים אחר תכונות שונות של הכמוסות כגון קשיות הכמוסות או שחרור אטי של ה"תרופה" בתנאים שונים.

ה"תרופה" היא תמיסה של צבע מאכל. תמיסה צבעונית זו "נעטפת" בתוך כמוסות עגולות הנוצרות על-ידי טפטוף של תמיסת נתרן אלגינאט $\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$ המכילה את צבע המאכל, לתוך תמיסת סידן כלורי.

נתרן אלגינאט הוא מלח של החומצה האלגינית המופקת מאצות חומות. נתרן אלגינאט הוא למעשה פולימר של רב סוכר, המורכב משרשרות ארוכות של יחידות בעלות קבוצות טעונות במטען חשמלי שלילי. היחידות מוצגות באיור הבא.



כשמטפטפים תמיסת נתרן אלגינאט הצבועה בצבע מאכל לתמיסת יוני סידן בעלי מטען חיובי דו-ערכי, נוצר צילוב בין השרשרות על-ידי קשרים יוניים, וכך נוצרת מעטפת סביב ה"תרופה" הצבעונית, כמתואר באיורים הבאים.



במהלך הניסוי התלמידים מכינים את הכמוסות. לאחר הכנת הכמוסות התלמידים שואלים שאלות חקר הנוגעות לתכונות הכמוסות ולקצב שחרור התרופה מהכמוסות.

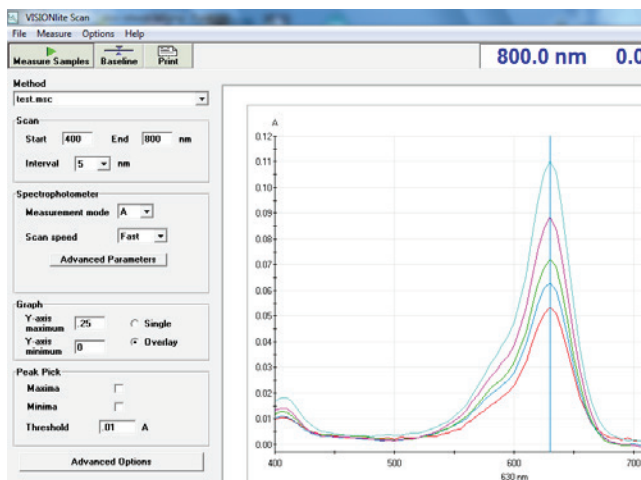
חלקיקי הנתרן אלגינאט הם שרשרות ארוכות, שמצדדיהן קבוצות טעונות במטען חשמלי שלילי.



מסענים שליליים
על קבוצות צדדיות

- ❑ כיצד משפיע ריכוז תמיסת סידן כלורי על קשיות הכמוסות?
- ❑ כיצד משפיע זמן השריה שונה בתמיסת סידן כלורי על קשיות הכמוסות?
- ❑ מה הקשר בין המטען החשמלי של היון החיובי בתמיסה לבין התרחשות תהליך הכימוס?
- ❑ כיצד משפיע זמן ההשריה של הכמוסות ב- EDTA על קשיות הכמוסות?
- ❑ מה הקשר בין שינוי יוני הסידן ליונים אחרים בעלי מטען שווה לבין חוזק הכמוסות?
- ❑ מהו הקשר בין זמן ההשהיה של הכמוסות בתמיסת יוני הסידן לבין שחרור ה"תרופה" מהכמוסות (המתבטא בעוצמת הצבע של התמיסה)?

1 מ"ל צבע מאכל 1% במים
10 מ"ל נתרן אלגינט 2% במים
50 מ"ל 1% CaCl_2 במים



אורך הגל של הבליעה המקסימאלית הוא 630nm. התוצאות מראות שככל שהכמוסות שהו זמן רב יותר בתמיסה, עוצמת הבליעה של צבע התמיסה גבוהה יותר, עקב שחרור הצבע מהכמוסות.

הפעילות מתאימה לתלמידים ברמות שונות.

בכיתות ט או י' התלמידים מכינים את הכמוסות, בהקשרים שונים: כגון תרופות או בישול מולקולארי.

בניסויי חקר לכיתות י"א ו"ב ניתן לשלב את הפעילות בנושאים פולימרים, סוכרים, טעם של כימיה ותרופות.

- לסנן את הכמוסות שנוצרו
- להעביר 30 כמוסות למבחנה של 50 מ"ל
- לסמן את הקיוטות (בחלקן העליון) לפי זמני המדידה המתוכננים
- להכין קיוטות blank עם תמיסת CaCl_2
- להכין את השעון או הסטופר למדידה
- להוסיף 20 מ"ל תמיסת CaCl_2 למבחנה עם הכמוסות הצבעוניות
- לאחר הזמן הדרוש, להעביר כ- 1 מ"ל לקיוטה
- לחזור על הפעולה בכל הזמנים המתוכננים
- לאחר לקיחת הדוגמה האחרונה - למדוד בספקטרופוטומטר הסורק על פי ההוראות בניסוי החקר הכמוסות הוכנו כמתואר למעלה. נעשה שימוש בצבע מאכל כחול. לאחר הכנת הכמוסות, הכמוסות שהו זמנים שונים בתמיסת הסידן הכלורי: (2, 4, 6, 10 ו-14 דקות). הדוגמאות הועברו לקיוטות בתום הזמנים שנקבעו. עוצמת הבליעה נמדדה באמצעות ספקטרופוטומטר. להלן תצלום התוצאות בספקטרופוטומטר.

