

-תקציר-

אחת הפרקטיקות הנפוצות בקרב ביוכימאים היא שימוש בתוכנות למידול מולקולרי של חלבונים, כמו למשל תוכנת Jmol. באמצעות תלמידי תיכון במגמת מערכות ביוטכנולוגיות בישראל חוזים במודלים מולקולריים של חלבונים בתיווך משימות ממוחשבות, כאחת מדרישות החובה של תוכנית הלימודים בביוטכנולוגיה. מסגרת מושגית המגדירה מידול מולקולרי של חלבונים על ידי תלמידי תיכון פותחה במסגרת מחקר זה ושימשה כלי תיאורטי ומתודולוגי לניתוח הממצאים שהתקבלו במחקר. במסגרת המושגית שולבו שתי מסגרות תיאורטיות: האחת עוסקת בידע מדעי והשנייה במיומנויות קוגניטיביות הקשורות לייצוגים חזותיים הנפוצים בשימוש על ידי ביוכימאים מומחים. המסגרת המושגית כוללת ארבעה מרכיבי ידע, שאופיינו במחקר זה ככאלו הנמצאים בשימוש על ידי תלמידים הלומדים באמצעות משימות Jmol ממוחשבות: C, P1, P2 ו-E. מרכיב הידע התוכני, C, עוסק בידע אודות מבנה ותפקוד חלבון; מרכיב הידע הפרוצדורלי, P1, כולל ידע אודות שימוש בייצוגים חזותיים הנמצאים במודל המולקולרי; מרכיב הידע הפרוצדורלי, P2, כולל ידע אודות שימוש באפשרויות התוכנה Jmol למידול מולקולרי של חלבונים; מרכיב הידע האפיסטמי, E, כולל ידע אודות מודל מולקולרי ככלי מדעי. מסגרת מושגית זו שימשה לניתוח הנתונים שהתקבלו במחקר.

המטרה הראשונה של מחקר זה היא אפיון משימות Jmol מסביבת הלמידה "ביואינפורמטיקה בשירות הביוטכנולוגיה". ראשית, נערך ניתוח של תכני שתי משימות Jmol, IPNS ו-AFP, שנדלו מסביבת הלמידה. נמצאה היררכיה בשימוש במרכיבי הידע. בכל קטע מידע או שאלה שזוהה בהם ידע פרוצדורלי P1, נמצא גם ידע תוכני C ובכל קטע מידע או שאלה שזוהה בהם ידע פרוצדורלי P2 או ידע אפיסטמי E אותרו גם ידע תוכני C וידע פרוצדורלי P1. כמו כן נמצא שישנם הבדלים ניכרים בשכיחות הייצוג של מרכיבי הידע P1 ו-P2 בקטעי המידע, בהשוואה לשכיחות ייצוגם בשאלות המופיעות בשתי המשימות. בעוד שבקטעי המידע, הידע הפרוצדורלי P2 הוא הדומיננטי, יותר שאלות דווקא מכוונות לידע הפרוצדורלי P1.

מטרת המחקר השנייה היא בחינת הישגי לומדים ואפיון תהליכי למידה של תלמידים המשתמשים במשימות Jmol. הממצאים התקבלו תוך שילוב שיטות כמותיות ואיכותניות. בחלק הכמותי השתתפו 70 תלמידי מגמת מערכות ביוטכנולוגיות והכלים בהם נעשה שימוש היו שאלוני ידע. לצורך אפיון הלמידה ורכישת הידע המדעי נעשה שימוש בכלים איכותניים, תצפיות וראיונות. בחלק זה של המחקר השתתפו ארבע תלמידות ששימשו כחקרי מקרה. הממצאים הכמותיים העידו על כך ששימוש במשימות וב-Jmol משפרים באופן מובהק את הבנתם של תלמידי תיכון בהקשר לחלבונים, כלומר התלמידים רוכשים ידע תוכני C וידע פרוצדורלי P1 בעקבות השימוש בתוכנת Jmol בליווי המשימות. עם זאת, לאור הישגי הלומדים השיפור בידע הוא עדיין יחסי בלבד ולא ניתן להסיק שרמת הידע שלהם אודות חלבונים גבוהה. בנוסף נמצא הבדל בין קבוצת תלמידים אשר החלה את הלמידה עם ידע מצומצם יחסית אודות חלבונים (קבוצה A) לבין קבוצת תלמידים שנייה אשר החלה את הלמידה עם ידע נרחב יותר כתוצאה מהשתתפות בפרויקט מחקר אודות החלבון PON1 (קבוצה B). בקבוצה A ניכר שיפור מובהק במהלך הלמידה באמצעות Jmol בהשוואה לשיפור בקבוצה B. בעוד שהישגי קבוצה B השתפרו באופן מובהק בשניים מתוך חמישה תתי-מרכיבי ידע בעקבות הלמידה עם

Jmol, הישגי קבוצה A השתפרו באופן מובהק בכל תתי-המרכיבים: פענוח ובניית ייצוגים חזותיים וכן ידע תוכני אודות מבנה, תפקוד וקשר בין מבנה ותפקוד חלבון.

הממצאים האיכותניים, נותחו על פי ציר המתאר מומחיות בלמידה של תחום-דעת וכולל שלושה שלבים: התאקלמות, כשירות, מומחיות ושלבי ביניים ביניהם. השלב שבו נמצא הלומד נקבע על פי שלושה קריטריונים המגדירים את רמת המומחיות שלו: ידע, אסטרטגיה ועניין. הממצאים הצביעו על כך שהתלמידות בשני הזוגות היו בשלב ההתאקלמות במהלך השימוש במשימות Jmol. על פי רוב, זוג התלמידות שהשתתפו בפרויקט חקר אודות מבנה ותפקוד של החלבון PON1 הראו ידע נרחב במרכיב הידע P1, והציגו שימוש יעיל יותר בידע P2. עם זאת, הניתוח חשף שני מצבים המציגים אתגר ברכישת ידע של שני הזוגות: האחד הוא רכישת ידע מדעי הכולל רק חלק ממרכיבי הידע הנדרשים על מנת לתת תשובה מלאה לשאלה; האתגר השני הוא שימוש בידע מדעי שגוי באחד ממרכיבי הידע המדעי במהלך מענה על שאלה. מכאן ניתן להסיק שאף שלמידה באמצעות משימות Jmol עשויה לספק הזדמנות לרכישת ידע מדעי-אותנטי אודות חלבונים, השיח חושף מורכבות בתהליכי הלמידה של התלמידים, ורכישה והתפתחות של ידע מושגי-מדעי של תלמידים אודות חלבונים לא מתרחשת בהכרח באופן מלא במהלך המענה על המשימות.

המטרה השלישית היא בחינת תפיסות תלמידים ומורים אודות למידה באמצעות שימוש במשימות Jmol. כמענה על מטרת מחקר זו נותחו שאלונים שנאספו מ-163 תלמידים וראיונות נערכו עם שני מורים. נמצא שהתלמידים רואים בידע הפרוצדורלי P2 מקור עיקרי לעניין בלמידה על אף שהעיסוק באפשרויות התוכנה נחוות עבורם כמיומנות קוגניטיבית מורכבת. בנוסף התלמידים תופסים את הידע הפרוצדורלי P1 כמקור לרכישת ידע אודות חלבונים בעיקר בהקשר למבנה חלבון. תפיסת המורים לא נמצאה שונה מהותית מזו של התלמידים.

בחינת תהליכי הלמידה והתפיסות מלמדים על כך ששימוש תלמידים במשימות Jmol אשר פותחו בהתאם להנחה הרואה במידול מולקולרי של חלבונים על ידי תלמידי תיכון מטרה עיקרית בלמידה, אינה מקדמת בהכרח ובכל מצב את הרכישה וההתפתחות של ידע מושגי של תלמידים אודות חלבונים. המסגרת המושגית למידול מולקולרי של חלבונים על ידי תלמידי תיכון, אשר פותחה במסגרת מחקר זה, נועדה לניתוח נתונים במחקר. עם זאת, חוקרים, מפתחי חומרים ומורים המעוניינים בפיתוח, עיצוב ושימוש בחומרי למידה המשלבים תוכנות למידול מולקולרי של חלבונים עשויים למצוא בה עניין. שימוש עתידי במסגרת המושגית עשוי להפחית את האתגר ברכישת ידע מדעי אודות מבנה ותפקוד חלבונים בקרב תלמידים, וכן עשוי לסייע לגישור הפער שבין הפרקטיקה המדעית-אותנטית של חקר החלבונים לבין רכישת הידע המדעי אודות חלבונים בבית הספר התיכון.