

# אימונים בדימויים מוטוריים לביצוע קימה מישיבה לעמידה והושטת היד לאחיזה באנשים עם המיפרזה כתוצאה מאירוע מוחי

ד"ר אביה גוטמן<sup>1</sup>, אריה בורשטיין<sup>2</sup>, ריקי בראון<sup>2</sup>, ד"ר שי בריל<sup>2</sup>, פרופ' רות דיקשטיין<sup>1</sup>

<sup>1</sup> אוניברסיטת חיפה, הפקולטה למדעי הרווחה והבריאות, החוג לפיזיותרפיה.

<sup>2</sup> מרכז רפואי גריאטרי שיקומי "בית רבקה" פתח תקווה.

## תקציר

משתני המהירות: עליה במהירות ההושטה הממוצעת, מהירות ההושטה המקסימאלית, וירידה בזמן ההגעה למהירות ההושטה המקסימאלית.

**מסקנות:** אימונים בדימויים מוטוריים עשויים לתרום לשיפור ביצועים כמו קימה מישיבה לעמידה והושטת היד לאחיזה, באנשים עם המיפרזה כרונית. תוצאות מעודדות אלו מראות כי ניתן ורצוי לשלב אימון בדימויים מוטוריים בטיפול בחולים אלו.

**מילות מפתח:** דימויים מוטוריים, אירוע מוחי, משך קימה מישיבה לעמידה, מדדי מהירות הושטת היד.

## מבוא

הטיפול הפיזיותרפי בישראל במסגרת הקהילה לאנשים עם המיפרזה כתוצאה מאירוע מוחי, ניתן בדרך כלל במסגרת השירותים שמספקות קופות החולים. טיפול זה קוצץ לאחרונה במידה נכרת.<sup>1</sup> במציאות הקיימת של שירותים מעטים, יש חשיבות מרבית לתרגול עצמי של החולה בביתו.

**אימון מנטאלי (Mental Practice)** משמעו תהליך אקטיבי בו האדם מתאמן בהעלאת תחושות וחוויות עם או בלי שימוש בגירויים חיצוניים.<sup>2</sup> דימויים מוטוריים הם תת-קבוצה של אימונים מנטאליים, דהיינו אימון מנטאלי של משימות תנועתיות. שיטה זו היא שיטת טיפול ותרגול המאפשרת לאדם לאחר אירוע מוחי לתרגל ולהתאמן ללא חשש מנפילות וללא עלויות גבוהות. האפקטיביות של אימון בדימויים מוטוריים הודגמה במחקרים רבים בשיקום.<sup>3,4</sup> אולם, שיטות התרגול בדימוי מוטורי ויישומן בשיקום פונקציות החיוניות לתפקוד היום-יומי, עדיין אינן נהירות ואינן שגורות בקליניקה הפיזיותרפוטית.

מבחינים בין: **דימוי חיצוני (External imagery)**, בעיקר ראיתית, באמצעות האדם רואה עצמו מבצע פעולה, ודימוי **פנימי (Internal imagery)**, בעיקר קינסטטי, באמצעות האדם משחזר את התחושות הגופניות הנלוות לביצוע המשימה המוטורית.<sup>5</sup> יש אנשים העשויים להיענות לסוג אחד של דימוי יותר ממשנהו; לחלופין, יש אנשים המתקשים לבצע דימוי מוטורי בשתי הצורות.<sup>6</sup>

אימון מנטאלי הוא תהליך אקטיבי, שבו האדם מתאמן בהעלאת תחושות וחוויות עם או בלי שימוש בגירויים חיצוניים. תרגול בדימויים מוטוריים מוגדר כשחזור פנימי של פעולה ספציפית מתוך הזיכרון, ללא ביצוע של התנועה בפועל. בשיטה זו יכול אדם עם המיפרזה לתרגל בכוחות עצמו את דימוי התנועה, ללא צורך במכשור או תלות באדם אחר ובעלות נמוכה.

**מטרות:** לעמוד על התרומה של אימון מנטאלי בדימויים מוטוריים לשיפור: א. קימה מישיבה לעמידה.

ב. הושטה של היד הפארטית לאחיזה, באנשים שלקו בהמיפרזה כתוצאה מאירוע מוחי.

**שיטות:** המחקר בוצע במרכז יום בבית-החולים השיקומי בית רבקה. המשתתפים היו 13 אנשים (גיל  $68.9(\pm 4.9)$  שנים), הסובלים מהמיפרזה כרונית. מערך המחקר היה צולב (Crossover design); מחצית מהמשתתפים אומנו תחילה בדימויים מוטוריים בתוכנית התערבות שנועדה לשפר קימה מישיבה לעמידה, ומחציתם האחרת טופלו תחילה באימון בדימויים מוטוריים לשפור ההושטה של הגף העליון הפארטי. לאחר ארבע שבועות אימון במשך 15 דקות, בתדירות שלוש פעמים בשבוע, בוצע "שחלוף" ההתערבות.

להערכת הקימה מישיבה לעמידה נאספו נתוני הכוח האנכי שהופעל על פלטת כוח ומדדים קליניים. להערכת הושטת היד לאחיזה בוצעו מדידות קינמטיות של תנועת היד באמצעות כפפת 5 נקודות glove (P-5) ומדדים קליניים.

**ניתוח נתונים:** התייחס לשינוי בשלושה טווחי זמן: טווח זמן מידי (יומי), טווח בינוני (שבועי), טווח ארוך (חדשי). הנתונים נותחו באמצעות ניתוח שונות עם מדידות חוזרות (ANOVA with repeated measures).

**תוצאות:** בקימה מישיבה לעמידה לאחר ארבעה שבועות אימונים נמצא, שיפור מובהק ( $p < .001$ ) במשך זמן הקימה הכללי, זמן ניתוק הישבן מהמושב, ובמשך זמן ההתייצבות. אולם, היחס בין הכוח האנכי שהופעל על הרצפה על ידי הגפה התחתונה הפארטית והלא פארטית במהלך הקימה ובעמידה לא השתנה. בהושטת היד לאחיזה נמצא שיפור מובהק ( $p < .001$ ) בכל

**בתנועת ההושטה** תפקיד הגפה העליונה הינו למקם את היד בכוון ובתנוחה נכונה במרחב. ההושטה הינה פעולה עיקרית של הזרוע, והאינטראקציה עם הסביבה הינה התפקיד העיקרי של כף היד. עפ"י Jeannerod תנועת ההושטה מורכבת מ: א. העברה, היד נעה במהירות לעבר המטרה - שלב התאוצה. ב. מניפולציה, ארגון של תנוחת כף היד - שלב התאוצה, השלב מתבצע תחת בקרה ומשוב ראייתי, בסמוך לחפץ לפני אחיזתו,<sup>16</sup> ומושפע מתנוחת החפץ, גודלו ומהמסה שלו.<sup>17</sup>

באנשים בריאים פרופיל מהירות התנועה מאופיין ע"י גרף בעל תצורת פעמון עם שיא אחד בולט, כאשר החלק הראשון של הגרף מראה את שלב התאוצה וחלקו השני את שלב התאוצה. המהירות המשיקית של תנועת היד בהושטה אצל אנשים בריאים נעה בין 10.44 עד 15.44 ס"מ/שנייה.<sup>18</sup>

בחולים לאחר אירוע מוחי נמצא כי שלב התאוצה ארוך מאשר באנשים בריאים, המהירות הממוצעת ואמפליטודת השיא נמוכות יותר.<sup>19</sup> קיים שימוש מופרז בתנועת הגו לפני שהוא בממוצע פי 4.5 יותר מאשר באנשים ללא ליקויים מוטוריים, כאשר החפץ מצוי בתוך טווח האורך של היד. כמות התנועות הקומפנסטוריות של הגו תלויות בחומרת ההמיפרזה בזרוע וכף-היד, תנועות אלו משפרות את הפונקציה המוטורית לטווח הקצר, אך, עלולות להגביל את ההחלמה של הגף לטווח ארוך. ידוע כי ריסון והגבלה בתנועות הגו במשך תנועת הושטה מביאה להעלאת טווח התנועה האקטיבי,<sup>20</sup> ולשיפור בקואורדינציה הבין-מפרקית במפרקי הגף העליון.

בעבודה זו נבדקה התרומה של אימון בדימוי מוטורי של ההושטה של היד הפארטית לעבר כוס מים, המונחת על השולחן ממול הנבדק. בחירת משימה זו נשענה על ממצאים לפיהם השפור רב יותר כאשר נעשה שימוש באובייקטים הנמצאים בשימוש לצרכים פונקציונאליים,<sup>21</sup> כמו הושטת היד לכיוון דבר מאכל, וכדומה.

האימון בדימויים מוטוריים בעבודה זו נעשה ע"פ עקרונות הידועים כמשפרים למידה מוטורית,<sup>22</sup> שנבחרו ע"פ הרלוונטיות שלהם לתוכן המחקר.

### השערות המחקר:

- 1) בקימה משיבה לעמידה, תוכנית ההתערבות בדימויים מוטוריים תשפיע על הביצוע כדלקמן:
  - א. תקטין את משך זמן הקימה. ב. תגדיל את נשיאת המשקל על הרגל הפארטית מה שיבוא לידי ביטוי בשיפור הסימטריה בנשיאת המשקל על הרגליים במהלך הקימה ובעמידה.
  - 2) בהושטת היד לאחיה, תוכנית ההתערבות בדימויים מוטוריים תשפיע על הביצוע כדלקמן: א. תגביר את מהירות ההושטה הממוצעת בתנועה לפנים. ב. תשפר את מהירות ההושטה המקסימאלית. ג. תשפר את זמן ההגעה למהירות המקסימאלית.

מחקרים רבים בדימות מוחי, בעיקר באמצעות fMRI הצביעו על האדרה של הפעילות העצבית באזורי מוח חופפים במהלך ביצוע מוטורי אמיתי ובזמן ביצוע דימוי מוטורי.<sup>7</sup> רוב המחקרים באימון בדימויים מוטוריים עסקו בגף עליון.<sup>8</sup> במחקר שעסק בתנועת ההושטה נמצא באמצעות fMRI, כי אנשים עם המיפרזה ימנית או שמאלית בשלב האקטיבי לאחר האירוע יכולים ליצור ייצוג בדימוי של תנועת הושטה של הגף הפארטי במוח. מסקנת המחקר הייתה כי אנשים עם המיפרזה יכולים להשתמש בדימויים מוטוריים על מנת להפעיל באופן חלקי רשתות מוטוריות שניזוקו, תהליך שעשוי לזרז ארגון פונקציונאלי מחדש.<sup>9</sup> אך, נמצא כי יכולת זו נפגעה בנוק פריאטלי בהמיספרה הימנית או נזק פרונטלי בהמיספרה השמאלית. במחקר נוסף נמצא כי אף חולים בשלב הכרוני מסוגלים ליצור ייצוג מוחי של דימוי תנועה, למרות היעדר תנועה אקטיבית בגף הפארטית.<sup>10</sup> הראיות שניתן לעורר פעילות של מעגלים נוירונלים באזורים פגועים באופן חלקי במערכת התנועה במח באמצעות דימויים מוטוריים,<sup>11</sup> מהוות צידוק להכנסת אימונים בדימויים מוטוריים לתחום השיקום הנוירולוגי.

מספר המחקרים העוסקים באימון בדימויים מוטוריים בגף התחתון, הנו מועט. Malouin ועמיתיה<sup>12</sup> בדקו השפעת האימון בדימויים מוטוריים על קימה משיבה לעמידה ועל נשיאת המשקל על הרגל הפארטית בעמידה. הם שילבו במחקרם אימון מנטאלי עם אימון פיסי בודד ומצאו עלייה בנשיאת המשקל על הרגל הפארטית הן בקימה משיבה (16.2%) והן בשיבה (17.9%). השיפור נשאר מובהק גם כעבור 24 שעות.

מטרת עבודה זו הייתה לבדוק את התרומה של דימויים מוטוריים לשתי פעילויות בסיסיות שביצוען ניזוק בהמיפלגיה: קימה משיבה לעמידה, והושטה של היד הפארטית לאחיה. להלן מובא תאור קצר של תנועות אלו בהקשר לדגשים שנבחרו לשם שפור הביצוע שלהן.

**קימה משיבה לעמידה** מצריכה מעבר מבסיס רחב לבסיס צר.<sup>13</sup> המפתח להצלחת המשימה הנו שמירת מרכז הכובד בתוך בסיס התמיכה. ניתן לחלק את הקימה לשני שלבים: א. שלב המומנטום הפלקטורי המתחיל כאשר יש האצה קדמית של הגו עד שיש כיפוף מקסימלי של מפרקי הירכיים, והישבן מתנתק ממושב הכסא, זהו שלב הניתוק; סימולטנית, מתרחשת עליה בכוחות הוורטיקליים-אנכיים בכפות הרגליים. ב. שלב המומנטום האקסטנסורי שבו מבוצע יישור הברכיים והירכיים עם הזדקפות הגו, זהו שלב ההתייצבות בעמידה. באדם בריא משך הקימה הממוצע הוא 1.91 שניות (כ-1.2 עד 2.5 שניות).<sup>14</sup> באדם עם המיפרזיס משך זמן הקימה כ-61%-25% יותר מאדם בריא. כמו כן נשיאת המשקל על הרגל הבריאה גדלה בזמן ביצוע המשימה, בעוד שהכוחות הוורטיקלים-האנכיים שמפעילה הרגל הפרטית יורדים בכ-25%-20% בהשוואה לבריאים.<sup>15</sup>

## שיטות המחקר

**אוכלוסייה:** שלושה עשר אנשים, 10 גברים ו-3 נשים, בגילאי 60-75 שנים, ( $4.9 \pm 68.9$ ), הסובלים מהמיפצה בעקבות אירוע מוחי שארע בטווח של שישה חודשים ועד 5 שנים קודם תחילת המחקר, והיו מטופלים במרכז יום בבית-החולים השיקומי בית רבקה בפתח תקווה. המחקר אושר ע"י וועדת הלסינקי, לאחר קבלת הסבר מתאים, המשתתפים חתמו על טופס הסכמה מדעת.

נערך רישום של הפרטים הקליניים והדמוגרפים של כל חולה. כושר הדימוי של כל המתקבלים נקבע באמצעות גרסה של ה-Motor Imagery Questionnaire - MIQ אשר הותאמה לאנשים לאחר אירוע מוחי ותורגמה לעברית, התקיפות של גרסה זו אוששה.<sup>23</sup> הציון במבחן זה לא שימש כקריטריון קבלה, אולם הוא נחקר כמשתנה אשר עשוי להשפיע על התוצאות.

בנוסף, השתתפו עשרה אנשים בריאים, שתאמו את גיל ומין החולים. הביצוע של הקימה ושל ההושטה נמדד באוכלוסייה זו פעם אחת והערכים שנמדדו שימשו כמדד להשוואה לאנשים עם המיפצה.

## הקריטריונים להכללה במחקר:

1. אנשים שיכולת הקימה שלהם משיבה לעמידה על פי הציון ב-TUG Time Get Up and Go test (TUG) גבוה מ-10 שניות<sup>24</sup> וביצוע יכולת ההושטה על סמך הציון Reaching Performance Scale (RPS) נמוך מ-25.<sup>18</sup>
2. בעלי יכולת עמידה של 2 דקות לפחות עם/בלי שימוש באביזר עזר בצד הבריאה.
3. בעלי יכולת ישיבה על כסא ללא משענת במשך שתי דקות לפחות.
4. בעלי תקשורת המאפשרת השתתפותם, וללא סימנים של ירידה קוגניטיבית (ציון של 24 נקודות לפחות ב-Folstein Mini Mental Test).<sup>26</sup>

**מערך המחקר:** מחקר התערבות במערך צולב (Crossover design).

**פרוטוקול:** תקופת ההתערבות חולקה לשתיים: במחצית הראשונה של המחקר (4 שבועות), מחצית מהמשתתפים טופלו באימון בדימויים מוטורים שלוש פעמים בשבוע במשך 15 דקות, בתוכנית התערבות שנועדה לשפר קימה משיבה לעמידה, ומחציתם האחרת טופלו באותו פרק זמן, באימון בדימויים מוטורים לשפור ההושטה של הגף העליון הפרטי. בתום תקופת

ההתערבות הראשונה בוצע "שחלוף", כך שבמחצית השנייה של תקופת ההתערבות (4 שבועות נוספים) כל משתתף אומן בביצוע המשימה שלא "טופלה" במחצית הראשונה.

**מדידות:** בשבוע שלפני תחילת תוכנית ההתערבות בוצעו מדידות בסיס בשתי הפונקציות; לשם קבלת ערכי הבסיס של המשתתפים התלויים, בוצעו שתי מדידות במרווח של חצי שעה ביניהן בכל אחד מ-3 המפגשים בשבוע זה. המטרה הייתה לוודא יציבות של ערכי המשתתפים טרם ההתערבות, ולהבטיח כי לבדיקות החוזרות על עצמן בכל מפגש במהלך ההתערבות לא היתה השפעה על תוצאות המדידה כתוצאה מלמידת התנועה עקב המדידה עצמה. בהמשך, במהלך ההתערבות עצמה, בכל מפגש טיפולי בשתי הפונקציות בוצעו מדידות לפני האימון (pre-test) ומיידית לאחר האימון (post-test). בנוסף, בוצעו מדידות מעקב לאחר ארבעה שבועות ממועד הסיום של כל תוכנית אימונים.

כמו כן, נמדדו מדדים קליניים הן של הקימה והן של ההושטה לפני ואחרי כל תוכנית התערבות.

האימון בוצע בישיבה על כסא ובעיניים עצומות בחדר שקט, בהנחיית עורכות המחקר (ד.ר. ו-ג.א.), ובנוכחות המשתתף בלבד. הנבדק התבקש לדווח כאשר סיים לבצע את משימת הדימוי (כל דיווח נמדד בשעון עצר ונרשם), דרך זו שימשה למיקוד הקשב וניטור מידת שיתוף הפעולה של הנבדק באימון בדימוי. תוכן האימונים בכל פונקציה שונה מידי שבוע על ידי שדרוג מורכבות המשימה.

להלן, מתוארים המבחנים, המכשור והליך המדידה, המשתתפים התלויים ותוכניות האימונים הייחודיות אשר היו מיועדות לשיפור המשימה של הקימה ושל ההושטה.

## קימה משיבה לעמידה:

1) מדדים קליניים: הערכת התנועות המוטוריות בגף תחתון נעשתה באמצעות סולם Fugl-Meyer<sup>27</sup>; להערכה פונקציונאלית שימש מבחן (TUG) Time Up and Go.<sup>28</sup> הבדיקות בוצעו לפני תחילת ההתערבות בשבוע הראשון, ובמפגש האחרון בתום ההתערבות המיועדת לשיפור הקימה, על ידי פיסיותרפיסטית אשר לא ידעה את השייכות הקבוצתית של המשתתפים.

2) מדדים ביומכניים התקבלו מעיבוד של מדידות באמצעות מערכת ה-Tetrex Balance System<sup>29</sup>.

**הליך המדידה:** הנבדק ישב בקצה מיטה שגובהה 52 ס"מ, כשהישבן נתמך עד ל-gluteal fold. הנבדק התאים את מיקום

<sup>1</sup> <http://www.sinlightnet.com/unternational/html/PRTetrex-Omni.html>

כנקודת הזמן שבה הכוח המופעל על הלוחות חוזר להיות בתחום של 3 סטיות תקן מהמשקל של הנבדק. משך ההזדקפות הוגדר כפרק הזמן שבין ניתוק הישבן לסיום ההזדקפות. **ד. מצב עמידה (מצב יציב סופי)** הוגדר על סמך הערכים שהתקבלו בשתי שניות האחרונות של המדידה.

באמצעות העיבוד הנ"ל התקבלו הערכים של המשתנים הבאים:  
**1. משך הזמן הכללי** של הקימה. פרק זמן זה חולק לשתי תת קבוצות: א. משך זמן ניתוק מהמושב ב. משך זמן ההזדקפות.

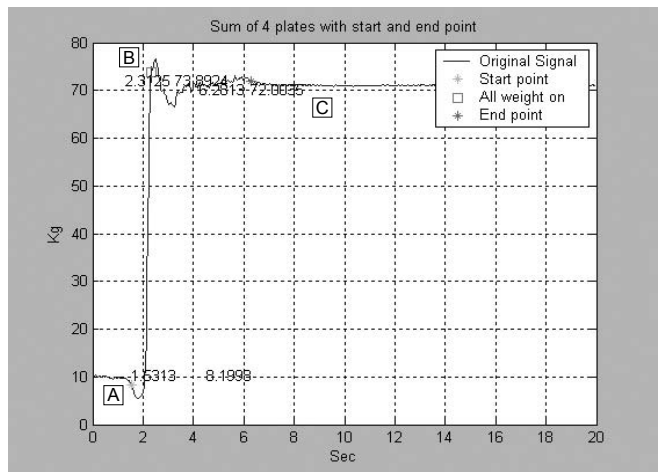
**2. הכוח האנכי** המופעל על ידי כל גף תחתון על פני משטח הבסיס, בכל אחת מארבע פלטות הכח (מנורמל למשקל הגוף של כל נבדק).

כל מדד שהתקבל הינו ממוצע של שתי מדידות שנערכו בכל בדיקה.

**תוכנית האימונים בדימויים מוטוריים לקימה משיבה לעמידה:**

להלן (טבלה 1), בקווים כלליים תוכן האימון בדימויים מוטוריים; לפני תחילת תכנית ההתערבות בוצעה הדגמה של קימה משיבה לעמידה עם ידיים מושטות לפניכם. כאשר בוצע דימוי ויזואלי הנבדק התבקש לראות את עצמו בדימוי קם משיבה לעמידה, כביכול צופה בסרט וידאו של עצמו מבצע את הפעולה; בדימוי ויזואלי של איבר ספציפי נעשה שימוש במשפט כגון: "המצלמה מתמקדת בברך של הרגל המשותקת שלך, ראה את הברך שלך מתיישרת". כאשר בוצע דימוי קינסטטי הנבדק התבקש לחוש את תחושת האיבר הספיציפי ע"פ ההנחיות.

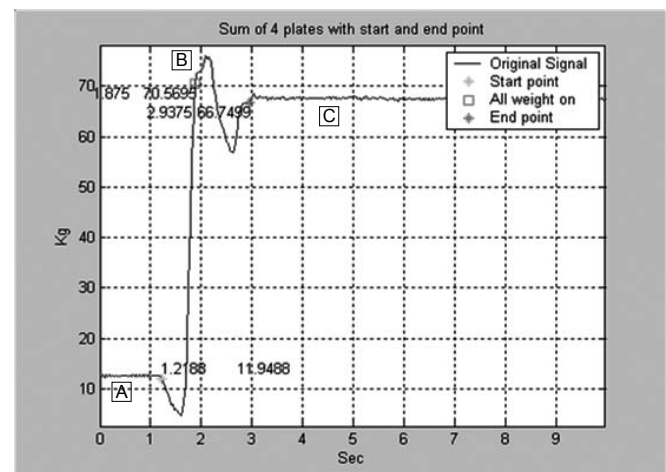
**תהליך הקימה בנבדק עם המיפצה-רישום הכח הוורטיקלי משוקלל מארבעת הלוחות של הטורקס**



הישיבה כך שהזווית בין השוק לכף הרגל הייתה 90 מעלות, ונעל את אותם נעלי ספורט בכל המדידות, כפות רגליו היו מונחות במקביל על לוחות הכוח של המערכת, במרחק של 10 ס"מ זו מזו. מרפקיו של הנבדק היו בצידי בית החזה, וכפות ידיו מוחזקות לפניו באוויר שלובות זו בזו. איסוף הנתונים החל כאשר הנבדק עדיין ישב, בהישמע אות קולי מהמחשב התבקש לקום ללא שימוש בידיים ולהישאר לעמוד על הלוחות ללא תנועה עד להודעה על סיום המדידה. אותות הלחץ האנכי על כל לוח נדגמו במשך 20 שניות. פרק זמן זה כלל את פרק הזמן בו הנבדק עדיין יושב (כ-3 שניות), את תהליך הקימה ואת העמידה.

הנתונים שנאספו ע"י מערכת ה-Tetrax עובדו ע"י תוכנת Matlab גרסה 6.5. תרשים 1 מציג את תהליך הקימה הכולל את רישום הכח הוורטיקלי בק"ג משוקלל מארבעת הלוחות של מערכת הטורקס בנבדק בריא ובנבדק עם המיפצה. התוכנה זוהו הנקודות הבאות: **א.** נקודת הזמן של **תחילת קימה**, דהיינו, התחלת ניתוק הישבן מהמושב. (נקודה A בתרשים 1) הוגדרה כסטייה של שלש סטיות תקן מהמצב היציב בישיבה במשך שנייה אחת ללא חזרה למצב זה. **ב.** נקודת הזמן של **סיום ניתוק הישבן** (נקודה B בתרשים 1) נקבעה על פי הנקודה בה כל משקלו של האדם ( $\pm 100$  גרם) הופעל פעם ראשונה על לוחות הבסיס, ובתנאי שנשאר קבוע במשך 2 שניות לפחות. **ג.** נקודת הזמן של **סיום ההזדקפות** (נקודה C בתרשים 1) נקבעה כך שהתוכנה זיהתה את נקודת הזמן בה הופעל הכוח המקסימלי על הלוחות (כוח הגבוה ממשקל הגוף), וקבעה את סיום ההזדקפות

**תרשים 1: תהליך הקימה בנבדק בריא-רישום הכח הוורטיקלי משוקלל מארבעת הלוחות של הטורקס**



## טבלה 1: תוכן האימון בדימוי קימה משיבה לעמידה במשך ארבעה שבועות

שבוע	הוראות האימון בדימויים מוטוריים	ביצוע האימון בדימוי מוטורי וניטור
ראשון	דימוי ויזואלי: "ראה עצמך קם משיבה לעמידה" דימוי קינסטטי: "חוש את גופך בזמן קימה משיבה לעמידה" (הכרות עם התרגול בדימוי מוטורי של הקימה)	אימון של דימוי אחד, שני דימויים ושלושה דימויים ברצף במהירות רגילה ומהירה, ורישום משך הביצוע של כל רצף באמצעות שעון עצר, כשהנבדק מדווח על סיום.
שני	דימוי ויזואלי: "ראה עצמך מתחיל לקום משיבה עד ניתוק הישבן ממושב הכסא" דימוי קינסטטי: "חוש את הניתוק של הישבן ממושב הכסא, ונשיאת משקל הגוף על כפות הרגליים (שלב הניתוק)"	1) דימוי תדירות הניתוק לפי שינוי קצב המטרונום: 30 ו-45 פעימות לדקה 2) אימון של דימוי אחד, שני דימויים ושלושה דימויים ברצף במהירות רגילה ומהירה של תחילת הקימה עד ניתוק הישבן, ורישום משך של כל רצף באמצעות שעון עצר כשהנבדק מדווח על סיום
שלישי	דימוי ויזואלי: "ראה עצמך מזדקף לעמידה סימטרית: מניתוק ישבן עד לעמידה" דימוי קינסטטי: "חוש את הסימטריה בכפות הרגליים, בזמן ניתוק הישבן עד לעמידה מליאה" (שלב ההזדקפות לעמידה)	1) דימוי ההזדקפות לפי קצב של המטרונום: בקצב של 30 ו-45 פעימות לדקה 2) אימון של דימוי אחד, שני דימויים ושלושה דימויים ברצף במהירות רגילה ומהירה של ההזדקפות, ורישום משך כל רצף באמצעות שעון עצר, כשהנבדק מדווח על סיום
רביעי	דימוי ויזואלי: "ראה עצמך קם משיבה לעמידה, בצע קימה במהירות רגילה, ובאופן מהיר" דימוי קינסטטי: "הרגש עצמך קם משיבה לעמידה, הרגש תחושה של קימה במהירות רגילה, ובאופן מהיר" (תרגול דימוי של כל משימת הקימה מס' פעמים)	1) דימוי של קימה במשך פעם אחת, ורישום כשהנבדק מדווח על סיום 2) דימוי של מספר קימות שנקבע מראש, תוך ניטור ע"י שעון העצר, באמצע הדימוי הנבדק התבקש להפסיק הדימוי, ולדווח לאיזה מס' קימה הגיע דימוי והשוואת זמן הדימוי שדיווח עליו לדימוי הבודד

## הושטת היד לאחיזה:

1) **מדדים קליניים:** הערכת התנועות המוטוריות בגף עליון נעשתה באמצעות הסולם המוטורי Fugl-Meyer Scale לגף העליון,<sup>31</sup> ובדיקת RPS-Reaching Performance Scale<sup>25</sup> סקאלה זו נבנתה לצורך הערכת ההושטה באנשים עם המיפרזה. ב-RPS שישה מרכיבים, כל מרכיב עשוי לקבל ציון בין 0 ל 4 (4- הביצוע הטוב, 0- הביצוע הלקוי). הערכת תנועת ה-Reaching מתבצעת כשהמטרה קרובה ורחוקה, על ידי פיסיותרפיסטית שלא ידעה את השייכות הקבוצתית של המשתתפים לפני תחילת ההתערבות בשבוע הראשון ובמפגש האחרון בתום ההתערבות המיועדת לשיפור ההושטה.

2) **מדדים ביומכניים:** ניטור כמותי של תנועת ההושטה בוצע באמצעות כפפת 5 נקודות GLOVE - P5<sup>32</sup> ויוצרה במקור לשמש כמשחק מחשב. הכפפה היא ארגונומית, בעלת משקל קל המולבש על גב כף היד והאצבעות, וניתן לחברה לכל מחשב PC דרך ממשק USB. המיקום המרחבי של הכפפה

ניתן לניטור באמצעות LEDs הקבועים בכפפה וקולט אינפרא אדום (רצפטור) ניחח הניצב על השולחן העומד לפני הנבדק. כאשר תנועת היד מתרחשת במרחק של עד 130-100 ס"מ מהרצפטור המערכת מאפשרת מדידה של נתיב התנועה של היד בשלושה מישורים ליניאריים X, Y, Z בקצב דגימה של 45Hz. אותות ה-infra red מהכפפה נקלטו על ידי מגדל הקליטה ונאספו לקובץ Excel המכיל את נקודות הנתיב שעברה הכפפה במרחב, משמע, את הנתיב שעברה הכפפה בכל אחד משלושת מישורי התנועה.

השתמשנו בתוכנת ה-Matlab לניתוח פלט הרישום לתאר את פרופיל המהירות של תנועת היד.

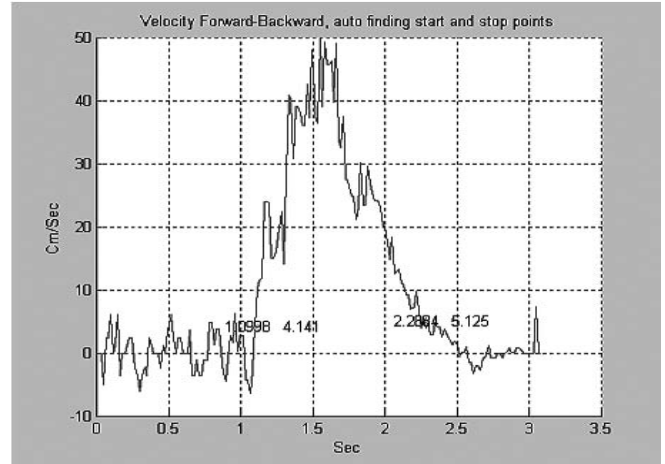
בתרשים 2 דוגמא לפרופיל מהירות ההושטה של אדם בריא ונבדק עם המיפרזה.

לפני הכנסת הכפפה לשימוש ככלי מדידה במחקר, אוששנו את תקפות ואת מהימנות המדידות החוזרות, ובוצע הליך תקפות

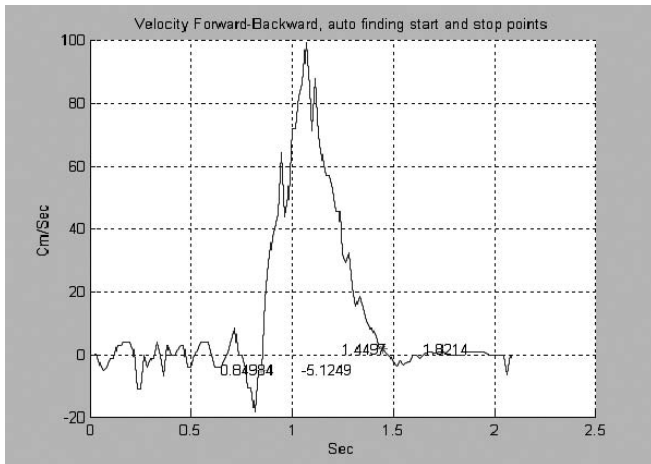


תרשים 2:

פרופיל מהירות ההושטה בנבדק עם המיפורה



פרופיל מהירות ההושטה באדם בריא



הפארטית ולאחוז בפס הצהוב, בסיום התנועה הנבדק התבקש להחזיר את היד למשענת.

המשתנים שנמדדו: 1) מהירות ההושטה - המהירות הממוצעת שבה הנבדק הושיט את ידו מעמדת המוצא ועד הגעתו למטרה. 2) המהירות המקסימאלית שאליה הנבדק הגיע, בתנועת ההושטה מעמדת המוצא ועד הגעתו למטרה. 3) זמן ההגעה למהירות המקסימאלית.

**תוכנית האימונים בדימויים מוטוריים להושטה**

בטבלה 2 מוצגים בקווים כלליים תוכן האימון בדימויים מוטוריים להושטת היד לאחיה. לפני תחילת ההתערבות הודגמה לנבדק תנועת הושטת היד לעבר הכוס המונחת לפניו. בביצוע דימוי ויזואלי הנבדק התבקש לראות את ידו, כביכול צופה בסרט וידאו של עצמו מושיט את ידו לכוון כוס המים. בדימוי ויזואלי איבר ספציפי נעשה שימוש במשפט כגון: "המצלמה מתמקדת בכף ידך, ראה את כף ידך אוחת בחלקו העליון של הכוס בפס הצהוב". בביצוע דימוי קינסטטי הנבדק התבקש לחוש את תחושת האיבר הספציפי ע"פ ההנחיות.

כפי שניתן לראות מהטבלה פונקציית ההושטה אומנה בשלמותה. כמו כן, בכל שבוע היה שינוי הדרגתי של תבניות האימון.

**ניתוח הנתונים** התייחס לשינוי בשלושה טווחי זמן: טווח הזמן המידי (יומי), הטווח הבינוני (שבועי), הטווח הארוך (חדשי). הנתונים נותחו באמצעות ניתוח שונות עם מדידות חוזרות (ANOVA with repeated measures), באמצעות תוכנת SPSS גרסה 14. כמו כן, בוצעו מבחני t מזווגים (Paired t tests) במבדקים הקליניים עבור המדידות לפני ואחרי האימון בדימויים מוטוריים. לכל המבחנים נקבעה רמת מובהקות סטטיסטית של  $p < 0.05$ .

ומהימנות של מכשיר זה. לבדיקת התקפות ביצענו מדידות של הסעת הכפפה על מסילה ממתכת עליה היו מסומנים מרחקים באורך של 5 ס"מ, 10 ס"מ, 20 ס"מ, 30 ס"מ שנמדדו בסרגל (gold standard). ביצעתי מדידות בציר Z (תנועה מאחור לפני) על ידי שינוי של שני פרמטרים: א. תנועה באורכי נתיב שונים (5 ס"מ, 10 ס"מ, 20 ס"מ ו-30 ס"מ. ב. שינוי המרחק של מגדל הקליטה ממול הכפפה (באופן זה הקליטה היא אופטימאלית ע"פ הוראות היצרן), במרחקים של 30 ס"מ, 50 ס"מ, 75 ס"מ.

חושבה הקורלציה (Pearson correlation) בין המרחקים שנמדדו על ידי ה-gold standard לבין המרחקים שנמצאו באמצעות תוכנת Matlab ששימשה לחישוב המרחק של הכפפה מהמגדל הקולט בציר זה. התוכנה הציגה מרחק זה ותקפות של  $r = 0.99$  בכל הבדיקות.

בדיקת המהימנות במדידות חוזרות, נבדקה ב-12 אנשים בריאים שביצעו הושטה ביד ימין וביד שמאל, לכוון כוס המצוי על השולחן ממול. בוצע ICC (intra class correlation) במישור תנועה Z ונמצאה מהימנות גבוהה; ליד ימין  $r = 0.98$ , ליד שמאל  $r = 0.96$ .

**הליך המדידה של ההושטה באמצעות הכפפה:** הנבדק ישב על כסא בגובה 42 ס"מ עם משענת גב, רכוס ברתמה אל משענת גב הכסא למניעת תנועת הגו. האמה הפארטית היתה מונחת על משענת היד של הכסא, והכפפה מוקמה על גב כף היד הפארטית. חזית גוף הנבדק הייתה מופנה לעבר שולחן סטנדרטי שגבהו 72 ס"מ.<sup>25</sup> במרחק 1 ס"מ מקצה השולחן הונחה כוס עם סימון פס צהוב במרחק 2 ס"מ מהקצה העליון של הכוס ומוקמה מול מרכז גופו של הנבדק, במרחק השווה ל-90% מאורך ידו כשהיד ביישור פסיבי מלא.<sup>33</sup> מגדל הקליטה מוקם על השולחן במקום קבוע במרחק של 30 ס"מ. הנבדק התבקש להושיט את ידו

טבלה 2: תוכן האימון בדימוי ההושטה במשך ארבעה שבועות

שבוע	הוראות האימון בדימויים מוטוריים	ביצוע האימון בדימויים מוטוריים וניטור
ראשון	<b>אימון ויזואלי:</b> "ראה עצמך מושיט את ידך לעבר הכוס כדי לאחוז בה; כשאתה רואה את ידך נוגעת בכוס ציין בפני" <b>אימון קינסטטי:</b> "חוש את תנועת היד בזמן הושטת היד לעבר הכוס" (היכרות עם התרגול בדימוי מוטורי של תנועת ההושטה)	אימון של דימוי אחד, שני דימויים ושלושה דימויים ברצף של ההושטה במהירות רגילה ומהירה של הנבדק, ורישום זמן הביצוע של כל רצף באמצעות שעון עצר כשהנבדק מדווח על אחיזת הכוס
שני	<b>אימון ויזואלי:</b> "ראה עצמך מושיט את ידך לעבר הכוס מס' פעמים כשאתה רואה את ידך נוגעת בכוס ציין בפני" <b>אימון קינסטטי:</b> "חוש את היד כשאתה מושיט את ידך לעבר הכוס, מס' פעמים" (מיקוד הקשב התבסס על תרגול חוזר של ההושטה לכוס)	אימון של דימוי אחד, שני דימויים ושלושה דימויים ברצף של הושטה במהירות רגילה ומהירה של הנבדק ורישום משך של כל רצף באמצעות שעון עצר כשהנבדק מדווח על אחיזת הכוס
שלישי	<b>אימון ויזואלי:</b> "ראה עצמך מושיט את ידך אל הכוס באלכסון. ומושיט את ידך ישר" <b>אימון קינסטטי:</b> "חוש את ידך בזמן הושטת היד לעבר הכוס המצויה באלכסון וישר מול הצד ה"חולה" של גופך" (דימוי ההושטה לכיוונים שונים)	אימון של דימוי אחד, שני דימויים ושלושה דימויים ברצף במהירות רגילה ומהירה של הושטה באלכסון ובקו ישר, ורישום משך כל רצף באמצעות שעון עצר כשהנבדק מדווח על אחיזת הכוס
רביעי	<b>אימון ויזואלי:</b> "ראה עצמך מושיט את ידך לעבר חפצים שונים: טלפון, בקבוק, תפוח עץ כשתראה את ידך מגיעה לחפץ ציין בפני" <b>אימון קינסטטי:</b> "חוש את ידך בזמן הושטת היד לעבר טלפון, בקבוק, תפוח עץ כשתחוש את החפץ ציין בפני" (מיקוד הקשב בדימוי התבצע על ווריאביליות של החפצים שאליהם רוצים להושיט את היד)	דימוי של הושטת היד לחפץ במהירות רגילה ומהירה של הנבדק, ורישום כשהנבדק מדווח על אחיזת החפץ

תוצאות

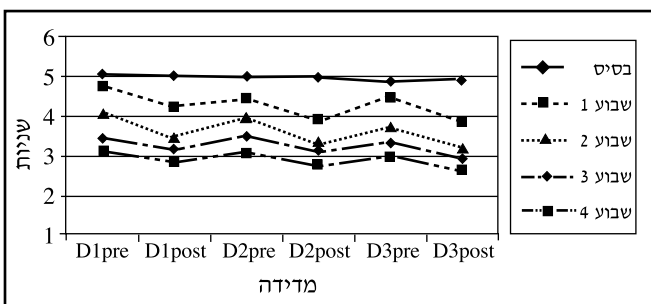
קימה משיבה לעמידה

מתחילת המחקר היה מובהק ( $F_{3,36}=28,76$   $p<0.001$ ). שינויים דומים לתרשימי משך זמן הקימה ניצפו בתרשימים של משך זמן הניתוק ומשך זמן ההתייצבות לעמידה.

היחס בין הכוח האנכי שהופעל על הרצפה על ידי הגפה התחתונה הפארטית והלא פארטית (P/NP) במהלך הקימה ובעמידה לא השתנה. דהיינו, לא היה שיפור מובהק לאורך ארבעה שבועות האימון.

במדידות המעקב הייתה עליה מובהקת במשך זמן הקימה

תרשים 3: ממוצעים של משך זמן קימה כללי בשבוע מדידות הבסיס ובכל שבוע מארבעת שבועות ההתערבות



בטבלה 3 מוצגים הערכים הממוצעים של כל המשתתפים התלויים בנבדקים הבריאים, בחולים - בשבוע הראשון, ביום הראשון לפני האימון בדימויים מוטוריים - W1D1pre, ולאחר ארבעה שבועות אימון - W4D3post, וכן תוצאות המעקב בחולים לאחר חודש.

**בשבוע מדידות בסיס: ממוצע משך זמן הקימה הכללי** היה  $4.95(\pm 1.87)$  שניות, ערך זה נמצא יציב. **לסדר האימון** לא הייתה השפעה על התוצאות: אצל הנבדקים שהחלו באימוני ההושטה, ממוצע משך זמן הקימה בבדיקה הראשונה בשבוע הראשון (W1D1pre) היה  $5.3(\pm 2.08)$ . דהיינו, לא היה שינוי במשך הקימה גם לאחר ארבעה שבועות אימון בהושטה, ערך זה היה ללא שינוי מובהק גם כעבור ארבעה שבועות ( $p>0.1$ ).

**בתום ארבעת השבועות של תוכנית ההתערבות** נמצאה ירידה מובהקת במשך זמן הקימה, הפרש זה נמצא מובהק ( $F_{3,36}=20,4$   $p<0.001$ ). ערכי השינויים במשך זמן הקימה לפני ואחרי כל פגישת אימון **במהלך כל שבוע** מארבעה שבועות האימון, ובמדידות הבסיס מוצג בתרשים 3. כמצויין בטבלה לעיל, הירידה במשך זמן הקימה בתוך כל שבוע הייתה מובהקת ( $F_{2,24}=13,14$   $p<0.001$ ).

כאמור, הירידה במשך זמן הניתוק לפני ואחרי כל פגישת אימון במהלך כל שבוע מארבעה שבועות האימון הייתה מובהקת ( $F_{2,50}=5,36$   $p<0.01$ ). כמו כן, השיפור במשך זמן ההתייצבות

ערכי המדידות של מהירות ההושטה הראו עליה במהירות ההושטה, שינוי זה היה מובהק בין תחילת ההתערבות ובסיומה לאחר ארבעה שבועות ( $p < 0.001$ ).

**שבוע מדידות הבסיס** המהירות הממוצעת הייתה  $21.8 (\pm 6.81)$  ס"מ/שניות. ערך זה נמצא יציב. בנוסף, נמצא כי **לסדר האימון** לא הייתה השפעה. אצל הנבדקים שקודם אומנו בקימה, ערך זה נשאר ללא שינוי כעבור ארבעה שבועות; המהירות הממוצעת אצל הנבדקים הללו בבדיקה הראשונה בשבוע הראשון לאימון (W1D1pre) בהושטה הייתה  $21.8 (\pm 3.09)$  ס"מ/שניות. דהיינו, לא היה שינוי במהירות ההושטה הממוצעת לאחר ארבעה שבועות אימון בקימה ( $p < 0.1$ ).

העלייה במהירות ההושטה המקסימאלית במהלך כל שבוע בכל ארבעה שבועות האימון הייתה גם מובהקת ( $F_{24,2} = 6.32$ ,  $p < 0.01$ ). ערכי מהירות ההושטה המקסימאלית לפני ואחרי כל פגישת אימון במהלך כל שבוע מארבעה שבועות האימון, ובמדידות הבסיס מוצג בתרשים 4.

בנוסף, הוצג שיפור מובהק במדדים קליניים: בסולם המוטורי ה-Fugl-Meyer לגף עליון, שיפור של 20.4% ( $t = 10.1$ ,  $df = 12$ ,  $p < 0.001$ ). בסולם הפונקציונאלי RPS, למטרה קרובה - שיפור של 22.7% ( $t = 10.31$ ,  $df = 12$ ,  $p < 0.001$ ), ולמטרה רחוקה - שיפור של 14.3% ( $t = 4.4$ ,  $df = 12$ ,  $p < 0.001$ ).

מדידות המעקב הראו כי תוצאות מהירות ההושטה הממוצעת ומהירות ההושטה המקסימאלית בתום תקופת האימון, היו גבוהות באופן מובהק מהמהירות במעקב. דהיינו, החולים לא

$1.9 (+0.44)$  ( $p < 0.001$ )  $3.1 (\pm 0.97)$  שניות, ומשך זמן ההתייצבות  $1.2 (+1.1)$  שניות. כלומר, החולים שמרו על תוצאות המדידות של הבדיקה האחרונה שבוצעה מיד בתום תקופת האימונים רק במדד משך זמן הניתוק ולא שמרו על תוצאות משך זמן הקימה ומשך זמן ההתייצבות. אולם, ההבדל בין הערכים של משתני הקימה בתחילת האימון לבדיקת המעקב היה מובהק בכל מדדי הזמן, משמע, התוצאות בבדיקת המעקב לאחר חודש ללא אימון היו טובות יותר מאשר בתחילת האימונים.

בנוסף, הוצג שיפור מובהק במדדים קליניים: בסולם המוטורי ה-Fugl-Meyer לגף תחתון שיפור של 21% ( $t = 5.3$ ,  $df = 12$ ,  $p < 0.001$ ). בסולם הפונקציונאלי TUG - שיפור של 36% ( $t = 3.8.3$ ,  $df = 12$ ,  $p < 0.002$ ).

גודל ההשפעה שנמצאה לאימון בדימויים מוטוריים על המשתנים התלויים בקימה בעקבות האימון מוצגים לפי גודל האפקט Partial Eta Squared. המשתנה "משך זמן קימה" בטווח היומי בין pre ל-post, הושפע במידה הגבוהה ביותר מהטיפול,  $0.0891$  = גודל האפקט הטיפולי.

### תוצאות הושטת היד הפארטית לאחיה

בטבלה 3 מוצגים סיכום הערכים הממוצעים של כל המשתנים התלויים: בנבדקים הבריאים, בחולים - בשבוע הראשון, ביום הראשון לפני האימון בדימויים מוטוריים - W1D1pre, ולאחר ארבעה שבועות אימון - W4D3post, וכן תוצאות המעקב בחולים לאחר חודש.

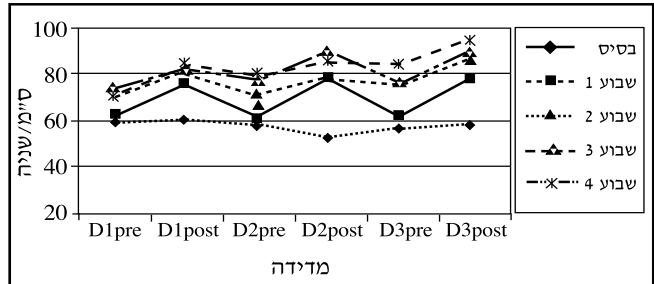
טבלה 3: ערכים ממוצעים וסטיות התקן של משתני המדידה בקימה מיישיבה לעמידה ובהושטה

תוצאות המעקב (אחר 4 שבועות)	**W4D3post	**W1D1pre	בריאים	משתני זמן
3.1 ( $\pm 0.97$ )	2.6 ( $\pm 0.6$ ) $p < .001$	4.7 ( $\pm 1.8$ )	2.2 ( $\pm 0.22$ )	משך זמן קימה כללי (שניות)
1.2 ( $\pm 1.1$ )	1.03 ( $\pm 0.7$ ) $p < .001$	2.2 ( $\pm 2.1$ )	0.93 ( $\pm 0.22$ )	משך זמן הניתוק (שניות)
1.9 ( $\pm 0.44$ )	1.5 ( $\pm 0.42$ ) $p < .001$	2.7 ( $\pm 0.83$ )	1.27 ( $\pm 0.12$ )	משך זמן ההתייצבות (שניות)
0.87 ( $\pm 0.3$ )	0.88 ( $\pm 0.27$ ) NS	0.87 ( $\pm 0.27$ )	1.03 ( $\pm 0.08$ )	היחס בין הרגל החולה לבריאה (ממוצע)
36.5 ( $\pm 8.9$ )	40.4 ( $\pm 9.9$ ) $p < .001$	24.14 ( $\pm 6.9$ )	42.7 ( $\pm 5.8$ )	מהירות הושטה ממוצעת (cm/sec)
84.19 ( $\pm 24.8$ )	40.4 ( $\pm 9.9$ ) $p < .001$	61.5 ( $\pm 16.9$ )	104.03 ( $\pm 17$ )	מהירות הושטה מקסימאלית (cm/sec)
0.24 ( $\pm 0.11$ )	0.22 ( $\pm 0.06$ ) $p < .001$	0.29 ( $\pm 0.11$ )	0.24 ( $\pm 0.04$ )	זמן ההגעה למהירות מקסימאלית (sec)

\* W1D1pre - מדידה שבוצעה ב: W1 - שבוע ראשון, 1D - יום ראשון, pre - לפני האימון בדימוי  
 \*\* W4D3post - מדידה שבוצעה ב: W1 - שבוע הרביעי, 1D - יום השלישי, post - לאחר האימון בדימוי



#### תרשים 4: ממוצעים של מהירות ההושטה המקסימאלית לטווח המידי בשבוע של מדידות הבסיס וכל שבוע מארבעת שבועות ההתערבות



גבוהות באופן מובהק מהמהירות במעקב. דהיינו, החולים לא שמרו על ההישג שאליו הגיעו בתום ארבעת שבועות האימון, אך עדיין היו מהירים יותר באופן מובהק מאשר בתחילת האימון.

**נושך הדימוי:** ציוני ה- MIQ בתחילת המחקר היו שונים בין המשתתפים, בעוד שבסופו של המחקר כל הנבדקים קבלו את הציון מקסימאלי שהינו 8 (מצליח לדמיין טוב מאוד בכל שמונה המשימות התנועתיות גם חזותית וגם קינסטטית). מכיוון שכך, כדי לבדוק את הקשר בין תוצאות ה- MIQ בתחילת המחקר לבין השינויים במשטני הקימה וההושטה, תוצאות ה- MIQ חולקו לפי החציון; קבוצה מס' 1: 6 נבדקים-ציוני MIQ נמוכים (עד 12), קבוצה מס' 2: 7 נבדקים- ציוני MIQ גבוהים (12 עד 24). התוצאות הראו כי הן במשימת הקימה והן במשימת ההושטה: לא נמצא הבדל מובהק בהישגים בין הנבדקים שהיו בעלי ציון MIQ נמוך לבין אלה שהיו בעלי ציון MIQ גבוה ( $p > 0.1$ ).

#### דיון

במחקר זה הודגם הפוטנציאל הטמון באימון בדימויים מוטוריים לשיפור הביצוע של שתי פונקציות בסיסיות, שהוצאתן לפועל ניזוקה באנשים עם המיפרזיס. ההתערבות המחקרית כללה אימון בדימויים מוטוריים בלבד, ללא אימון פיסיקלי.

מחקר זה יחיד מסוגו בכך, שזוהי העבודה הראשונה שבה נבדקה השפעת הדימויים המוטוריים מיידית לאחר האימון אצל כל חולה, כך ניתן לייחס חד-משמעית את השיפור שהתקבל לאימון הספציפי בדימוי המוטורי.

הממצאים מצביעים על יעילות האימון בדימויים המוטוריים לשיפור הביצוע בשתי הפונקציות שנחקרו. ניתן לומר כי לאימון בדימויים מוטוריים הייתה השפעה חיובית על זמן ביצוע של תנועות ברצף ועל המדדים הקליניים.<sup>34</sup> התוצאות החיוביות של הגברת מהירות הקימה ומהירות ההושטה, הן קרוב לודאי תוצר של תהליך למידה מוטורית, הגברת המודעות ומיקוד הקשב בביצוע המשימה התלוי בחזרה על המשימה בדימוי מספר רב של פעמים לפרק זמן ממושך.

מספר מחקרים הראו את התרומה של הדימויים המוטוריים להגברת המוטיבציה בחולים אלו, להגברת המודעות לסכימת הגוף, ולשיפור ברמת הקשב והביטחון העצמי.<sup>35</sup> מדיווח של החולים במחקר הנוכחי, ניכר אף אצלם הרצון להצליח, והיו אף כאלה שהשליכו את האימונים בדימויים מוטוריים לתחומי ADL אחרים, כלומר, השתמשו בדימויים מוטוריים בחיי היום יום לביצוע פונקציות נוספות על אילו שתורגלו במסגרת המחקר, כגון ירידה במדרגות ונהיגה.

המנגנון העיקרי שבאמצעותו מצביעים החוקרים על יעילות הדימויים המוטוריים במדדים אלו הנו הפעלה של רשתות נוירוליות, כולל באיזורי ההכנה לתנועה. האימון בדימויים מוטוריים יוצר שינויים פלסטיים קורטיקליים הדומים לשינויים הנוצרים בעקבות אימון פיסיקלי ובכך ניתנת אפשרות אלטרנטיבית לשיפור כשאימון פיסי אינו אפשרי.<sup>36</sup> יש אפוא יסוד סביר להניח כי אותם מנגנונים קיימים הן בלמידה מוטורית הנגרמת לאחר אימון פיסיקלי, והן בלמידה מוטורית הנגרמת לאחר אימונים בדימויים מוטוריים.

מערך המחקר, כאמור היה במערך צולב "crossover design"; כך יכולנו להשוות את האפקט הטיפולי בתוך כל נבדק ובין הקבוצות. כאמור, לא נמצא הבדל מובהק בין המשתתפים כתוצאה מסדר האימונים. כלומר לא הייתה העברה (carry over) של ההשפעה של האמון בפונקציה הראשונה על תוצאות האמונים בפונקציה השנייה; בקבוצה שהתחילה את האימון בקימה לא נמצא בתום ארבעה שבועות שיפור בהושטה. בהמשך, לאחר אימון של ארבעה שבועות בהושטה חל שיפור מובהק בפונקציה זו. ולחילופין, עם הקבוצה שהחלה בהושטה. החדשנות של המחקר הנוכחי היא בין השאר בשימוש במערך צולב שאיפשר השוואה תוך ובין הנבדקים, ובביטוי הכמותי שניתן לשיפור המידי וארוך הטווח כתוצאה מההתערבות, מה שלא הודגם במחקרים קודמים.

**פונקציות הקימה:** השיפור במשך זמן הקימה היה מידי לאחר האימון (post-test) בכל אחד מהנבדקים, דבר המעיד כי השיפור הינו כתוצאה מהאימון המנטאלי בלבד. אך, ביום ההתערבות הבא ב-pre-test שוב נצפתה עלייה קלה במשך זמן הקימה, אם כי משך הקימה לא חזר לרמה של היום הקודם. ממצא זה מצביע על קיומו של אפקט של למידה ורכישת המיומנות גם לאחר 24 שעות. הממצא שונה מהמוצג ממחקרה של Malouin ועמיתיה שבו בעקבות אימון בודד של קימה שכלל אימון פיסיקלי ואימון מנטאלי לא היה שיפור במהירות הקימה מייד לאחר האימון.<sup>37</sup> החוקרת מציינת כי ייתכן שיש צורך באימון לתקופה ארוכה יותר, שבה הנבדקים מחזקים את שרירי הרגליים ומשפרים את השיווי משקל שלהם לאורך הזמן, שהם לדעתה הגורמים העיקריים לעלייה במהירות הקימה. השיפור שהושג מיידית במחקר הנוכחי, כנראה נבע משיפור הקשב לבצוע המשימה עקב מספר החזרות בדימויים קינסטטים וויזואלים.

השיפור בציוני Fugl-Meyer תואמים את השיפור במדדי ה-RPS (Reaching Performance Scale Cirstea & Levin) אשר השתמשו ב-RPS הראו כי יש שיפור ביישור המרפק, וזאת על חשבון של הארכה בזמן התנועה, ומסקנתן היתה כי שיפור בבקרת התנועות המבודדות של היד בטווח הקצר, עשוי לצמצם התפתחות תנועות אבנורמאליות והוצרות קונטרקטורות בגפה העליונה בטווח הרחוק.<sup>42</sup> אך, המחקר הנוכחי, לא בחן איכות ושליטה על תנועה מבודדת.

### המלצות ומגבלות המחקר

א. במחקר זה השתתפו 13 נבדקים, וזאת מכיוון שעבודה זו הינה מאוד ראשונית. אך עקב מספר הנבדקים הקטן, לא ניתן היה לדון במשתנים מתערבים פוטנציאליים כמו צד הפגיעה, חומרת הפגיעה, מיקום הפגיעה, מין וגיל.

ב. חקר השיפור בקימה במחקר הנוכחי הושתת על משתני זמן ועל היחס בין הכוחות הורטיקליים שהופעלו על ידי הרגליים (P\NP). לא נבדקו משתנים נוספים כמו כוח השרירים בגף תחתון. גם בחקר השיפור בהושטה, לא נמדדו כוח השרירים בגף עליון, או כוח האחיזה באמצעות הדינמומטר, מדדים המשפיעים על מהירות תנועה.

ג. המחקר התמקד בשיפור של משתני רצף-זמן (temporal sequence). מהתוצאות ניכר שיפור גבוה, ואפקט של שיפור מצטבר במשך שבוע האימונים. אך, המחקר לא כלל הערכה של היבטים תפקודיים של הנבדקים כמו שיפור ב-ADL וב-IADL. מידע שמסרו המשתתפים מצביע על אפשרות שחל שיפור בתחומים אלו אצל חלק מהמשתתפים. לדוגמה, במהלך שנת המחקר ארבעה נבדקים חזרו ללמוד נהיגה לאחר תוכנית ההתערבות, וקיבלו רשיון נהיגה.

ד. הנבדקים היו מטופלים במחלקת יום בטיפול קבוצתי, ובחדר כושר של המכון לחולי חוץ בבית החולים, אך, לא נערך רישום לגבי אופי, כמות ואיכות אימון זה, דבר שאולי יכול היה להשפיע על תוצאות המדידות לטווח הארוך, אך לא על התוצאות בטווח המיידי.

ה. מחקר זה בדק אוכלוסיה ספציפית של חולים לאחר אירוע מוחי בשלב הכרוני. מומלץ לבדוק בעבודות נוספות את השפעת הדימויים המוטוריים בשלב יותר מוקדם-בשלב הסבאקוטי.

האישור למחקר זה ניתן היות והאימון בדימויים מוטוריים הינה שיטה יעילה, זמינה, זולה ובטוחה. המטופלים שהשתתפו במחקר עברו את שלבי השיקום המקובלים במערכת הבריאות בארץ, ונראה כי יש מקום לשילוב של האימונים בדימויים מוטוריים, בטיפול השיקומי בחולים עם המיפרזה בכל שלב לאחר האירוע מוחי, ואף להדריך את החולים לבצע אימון זה באופן עצמאי בשימוש יום-יומי.

חשוב לציין, כי במהלך ארבעת השבועות של האימונים היה שיפור במשך זמן הקימה, ובמקביל, השונות (SD) של התוצאות הלכה והצטמצמה (ראה תרשים 4), עובדה המעידה על תהליך למידה. ההבדלים בין ה-pre-test ל-post-test במפגש הבודד הלכו ופחתו במקביל לירידה בשונות; דבר המצביע על קשר ישיר בין השימוש באימון בדימוי מוטורי ושיפור בביצועי החולים. ניתן לראות מגמה דומה גם במחקר שבו נערך אימון בדימויים מוטוריים לשם למידת תנועות קרסול סדרתיות.<sup>38</sup>

משך זמן קימה משייבה לעמידה הכללי, מורכב ממשך זמן ניתוק הישבן ומשך זמן ההתייבבות. קיימים מעט מחקרים שדנו במרכיבים של הקימה מבחינת שני השלבים המוצגים לעיל בכלל, ובהקשר לדימויים מוטוריים, כאמור, זהו מחקר חלוץ.

משך זמן ההתייבבות ארוך יותר ממשך זמן ניתוק הישבן.<sup>39</sup> השיפור של 50% במשך זמן ניתוק הישבן, לעומת 41% שיפור במשך זמן ההתייבבות, דומה לשיפור שנמצא במחקרים שנעשו בקשישים בריאים. כמו כן, Hanke ו-Vander Linden ועמיתיהם דיווחו כי באימון פיזי של קימה ככל שמהירות הקימה עלתה (משך זמן הקימה הכללי ירד) כך התקצר השלב הפלקטורי, דהיינו ה-transfer momentum phase - זמן הניתוק התקצר ולא משך זמן ההתייבבות.<sup>40,13</sup> ממצאי מחקר זה תומכים בממצאים לעיל וקובעים כי, השיפור במשך זמן הקימה הכללי נבע בעיקרו מקיצור של משך זמן ניתוק הישבן.

למרות שבמהלך האימונים בדימויים מוטוריים לקימה, עודדתי את המשתתפים להעביר את משקל גופם מעל לרגל הפארטית, היחס בין נשיאת המשקל על הגפיים התחתונות לא השתפר. בניגוד לתוצאות המחקר הנוכחי, תוצאות מחקרה של Malouin ועמיתיה הראו עליה בנשיאת המשקל על הרגל הפארטית בזמן העמידה, מיד לאחר האימון הבודד בדימויים מוטוריים, וזאת ניתן לייחס כי הנבדקים קיבלו הדרכה קודם הניסוי, כיצד להעביר יותר משקל על הרגל הפארטית בזמן העמידה על לוחות הכוח.

**פונקצית ההושטה:** מהירות ההושטה הממוצעת של היד הפארטית, השתפרה באמצעות האימון בדימויים מוטוריים לאורך ארבע השבועות ב-16 ס"מ/שנייה. התוצאות של עלייה במהירות הממוצעת דהיינו, ירידה בזמן תנועה כתוצאה מאימונים בדימויים מוטוריים בחולים לאחר אירוע מוחי, נתמכות ע"י מחקרו של Hewett. מהירות ההושטה המקסימאלית עלתה מ-61.5 (±16.9) ס"מ/שנייה בתחילת האימונים ל-94.9 (±26.9) ס"מ/שנייה בסופם; דהיינו, נצפה שיפור בשיעור של 54.3% בערכי מהירות ההושטה המקסימאלית. תוצאות אלו עולות בקנה אחד עם תוצאות מחקרה של Levin ועמיתיה שנעשה בקשישים לאחר אירוע מוחי. במחקרם השתמשו בטכניקה טיפולית אשר הגבילה את תנועות ה-TR-Trunk (Restraint) כפי שנעשה במחקר הנוכחי, אך, נעשה אימון פיסיקלי של ההושטה; אף, במחקרם המהירות המקסימאלית בהושטה בסוף האימונים, היתה 97 (+0.25) ס"מ/שנייה.<sup>41</sup>

## מקורות

1. Gottlieb D., Goldstein M., Meir O., Kipnis M., Chvoles S., Brill S. [Use of health services during the first year after stroke in community dwelling patients]. *Harefuah*. Jun 2002; 141(6):510-514, 580, 579.
2. Pylyshyn Z.W. Mental imagery: in search of a theory. *Behav Brain Sci*. Apr 2002; 25(2):157-182; discussion 182-237.
3. Page S.J., Levine P., Leonard A.C. Effects of mental practice on affected limb use and function in chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. Mar 2005; 86(3):399-402.
4. Page S.J., Levine P., Sisto S.A., Johnston M.V. Mental practice combined with physical practice for upper-limb motor deficit in subacute stroke. *Phys Ther*. Aug 2001; 81(8):1455-1462.
5. Hall C., Schmidt D., Durand, M.C. and Buckolz, E. Imagery and motor skills acquisition. Fifth ed. New-York: *Baywood*, Amityville; 1994.
6. Fery Y.A. Differentiating visual and kinesthetic imagery in mental practice. *Can J Exp Psychol*. Mar 2003; 57(1):1-10.
7. Porro C.A., Cettolo V., Francescato M.P., Baraldi P. Ipsilateral involvement of primary motor cortex during motor imagery. *Eur J Neurosci*. Aug 2000; 12(8):3059-3063.
8. Malouin F., Richards C.L. Mental practice for relearning locomotor skills. *Phys Ther*. Feb 2010; 90(2):240-251.
9. Johnson S.H. Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport*. Mar 20 2000; 11(4):729-732.
10. Johnson S.H., Sprehn G., Saykin A.J. Intact motor imagery in chronic upper limb hemiplegics: evidence for activity-independent action representations. *J Cogn Neurosci*. Aug 15 2002; 14(6):841-852.
11. Sharma N., Pomeroy V.M., Baron J.C. Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke? *Stroke*. Jul 2006; 37(7):1941-1952.
12. Malouin F., Belleville S., Richards C.L., Desrosiers J., Doyon J. Working memory and mental practice outcomes after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. Feb 2004; 85(2):177-183.
13. Vander Linden D.W., Brunt D., McCulloch M.U. Variant and invariant characteristics of the sit-to-stand task in healthy elderly adults. *Arch Phys Med Rehabil*. Jun 1994; 75(6):653-660.
14. Mazza C., Zok M., Della Croce U. Sequencing sit-to-stand and upright posture for mobility limitation assessment: determination of the timing of the task phases from force platform data. *Gait Posture*. Jun 2005; 21(4):425-431.
15. Chou S.W., Wong A.M., Leong C.P., Hong W.S., Tang F.T., Lin T.H. Postural control during sit-to stand and gait in stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil*. Jan 2003; 82(1):42-47.
16. Jeannerod M., Arbib M.A., Rizzolatti G., Sakata H. Grasping objects: the cortical mechanisms of visuomotor transformation. *Trends Neurosci*. Jul 1995; 18(7):314-320.
17. Dvorkin A.Y., Kenyon R.V., Keshner E.A. Effects of roll visual motion on online control of arm movement: reaching within a dynamic virtual environment. *Exp Brain Res*. Feb 2009; 193(1):95-107.
18. Esparza D.Y., Archambault P.S., Winstein C.J., Levin M.F. Hemispheric specialization in the coordination of arm and trunk movements during pointing in patients with unilateral brain damage. *Exp Brain Res*. Feb 2003; 148(4):488-497.
19. van Vliet P.M., Sheridan M.R. Coordination between reaching and grasping in patients with hemiparesis and healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. Oct 2007; 88(10):1325-1331.
20. Michaelsen S.M., Dannenbaum R., Levin M.F. Task-specific training with trunk restraint on arm recovery in stroke: randomized control trial. *Stroke*. Jan 2006; 37(1):186-192.
21. Trombly C.A., Wu C.Y. Effect of rehabilitation tasks on organization of movement after stroke. *Am J Occup Ther*. Jul-Aug 1999; 53(4):333-344.

22. Savion-Lemieux T., Penhune V.B. The effects of practice and delay on motor skill learning and retention. *Exp Brain Res*. Mar 2005; 161(4):423-431.
23. Dickstein R., Dunsky A., Marcovitz E. Motor Imagery for Gait Rehabilitation in Post-Stroke Hemiparesis. *Phys Ther*. Dec 2004; 84(12):1167-1177.
24. Mathias S., Nayak U.S., Isaacs B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Arch Phys Med Rehabil*. Jun 1986; 67(6):387-389.
25. Levin M.F., Desrosiers J., Beauchemin D., Bergeron N., Rochette A. Development and validation of a scale for rating motor compensations used for reaching in patients with hemiparesis: the reaching performance scale. *Phys Ther*. Jan 2004; 84(1):8-22.
26. Dick J.P., Guiloff R.J., Stewart A., et al. Minimal state examination in neurological patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. May 1984; 47(5):496-499.
27. Fugel-Meyer A.R., Fugl-Meyer K.S. The coping process after traumatic brain injury. *Scand J Rehabil Med Suppl*. 1988; 17:51-53.
28. Morris S., Morris M.E., Ianssek R. Reliability of measurements obtained with the Timed "Up & Go" test in people with Parkinson disease. *Phys Ther*. Feb 2001; 81(2):810-818.
29. Laufer Y. The effect of walking aids on balance and weight-bearing patterns of patients with hemiparesis in various stance positions. *Phys Ther*. Feb 2003; 83(2):112-122.
30. Janssen W.G., Bussmann H.B., Stam H.J. Determinants of the sit-to-stand movement: a review. *Phys Ther*. Sep 2002; 82(9):866-879.
31. Fugl-Meyer A.R., Jaasko L. Post-stroke hemiplegia and ADL-performance. *Scand J Rehabil Med Suppl*. 1980; 7:140-152.
32. <http://www.vrealities.com/P5.html>.
33. Michaelsen S.M., Levin M.F. Short-term effects of practice with trunk restraint on reaching movements in patients with chronic stroke: a controlled trial. *Stroke*. Aug 2004; 35(8):1914-1919.
34. McCombe Waller S., Harris-Love M., Liu W., Whitall J. Temporal coordination of the arms during bilateral simultaneous and sequential movements in patients with chronic hemiparesis. *Exp Brain Res*. Jan 2006; 168(3):450-454.
35. Matsui M., Yoneyama E., Sumiyoshi T., et al. Lack of self-control as assessed by a personality inventory is related to reduced volume of supplementary motor area. *Psychiatry Res*. Nov 30 2002; 116(1-2):53-61.
36. la Fougere C., Zwergal A., Rominger A., et al. Real versus imagined locomotion: a [18F]-FDG PET-fMRI comparison. *Neuroimage*. May 1 2010; 50(4):1589-1598.
37. Malouin F., Richards C.L., Doyon J., Desrosiers J., Belleville S. Training mobility tasks after stroke with combined mental and physical practice: a feasibility study. *Neurorehabil Neural Repair*. Jun 2004; 18(2):66-75.
38. Jackson P.L., Doyon J., Richards C.L., Malouin F. The efficacy of combined physical and mental practice in the learning of a foot-sequence task after stroke: a case report. *Neurorehabil Neural Repair*. Jun 2004; 18(2):106-111.
39. Millington P.J., Myklebust B.M., Shambes G.M. Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. *Arch Phys Med Rehabil*. Jul 1992; 73(7):609-617.
40. Hanke T.A., Pai Y.C., Rogers M.W. Reliability of measurements of body center-of-mass momentum during sit-to-stand in healthy adults. *Phys Ther*. Feb 1995; 75(2):105-113; discussion 113-108.
41. Levin M.F., Michaelsen S.M., Cirstea C.M., Roby-Brami A. Use of the trunk for reaching targets placed within and beyond the reach in adult hemiparesis: *Exp Brain Res*; 2002.
42. Subramanian S.K., Yamanaka J., Chilingaryan G., Levin M.F. Validity of movement pattern kinematics as measures of arm motor impairment poststroke. *Stroke*. Oct 2010; 41(10):2303-2308.