

עיון ומחקר

השפעת פעילות גופנית במים על צפיפות העצם של נשים אחרי גיל המעבר (menopausal age)*

בתודה לגבי מושי חרוש,
שתרמה בתכנון וסייעה במעשה,
בכל הקשור לפעילות במים.

אסתר גולדשטיין, אריאל סימקין

הפתלוגיה של העצם וההשפעות המכניות עליה

העצם ומחלת האוסטאופורוזיס (osteoporosis)

השלד בנוי מעצמות שהן רקמת חיבור קשה. השלד מייצב את הגוף, מגן על אברים חיוניים, משמש מקום חיבור לשרירים ומהווה מקום אפסון למינרלים, בעיקר לסידן.

אחת ממחלות העצם השכיחות בגיל המבוגר הינה **מחלת האוסטאופורוזיס**, הפוגעת בעיקר בנשים מבוגרות. ככל שתוחלת החיים עולה, כך הולכת מחלה זו והופכת נפוצה יותר. מחלת האוסטאופורוזיס מאופיינת בירידה בכמות העצם, הגורמת לשברים אחרי **טראומה מינימלית** (Riggs et al., 1986). הרמה של **מסת העצם** בכל גיל הינה תוצאה של **כמות העצם**, שהושגה בתהליך הגדילה ושל שיעור **איבוד מסת העצם**. כמות בלתי מספקת של **מסת העצם** בסיום תהליך הגדילה תעלה את ההסתברות לשברים בגיל המבוגר (Peck, Riggs & Bell, 1987).

השברים הקשורים לאוסטאופורוזיס הינם בין הגורמים העיקריים לתחלואה ולמוות בגיל המבוגר. השיעור הגבוה של שברים, הקשורים למחלה, שכיח בעיקר בקרב נשים מבוגרות (Gutin & Kasper, 1992).

ההשפעה של ההעמסה המכנית

אחת מתכונות העצם היא שהינה רקמה דינמית, המגיבה **לגורמים הורמונליים** (כגון אסטרוגן (estrogen)), **לגורמים תזונתיים** (כגון סידן), **ולגורמים מכניים** (כגון

* המחקר המתואר במאמר זה קיבל את הפרס ע"ש אהובה וחיים ויין, 1994.

תאריכים: אוסטאופורוזיס; פעילות גופנית במים; נשים; עצמות.

המחקר בבני אדם. ישנם מעט דיווחים בספרות הרפואית העוסקים בהשפעה של הפעילות במים על צפיפות העצם. המחקרים על בני אדם הינם **מחקרי חתך**, המשווים בעיקר אוכלוסיות של ספורטאים בענפי ספורט שונים לשחיינים (Risser et al., 1990; Orwoll, 1987; Nilsson & Westlin, 1971).

לא ידוע על מחקרי אורך, העוסקים בתחום זה. הדעה המקובלת היא שרק **פעילויות נושאות-משקל**, כגון: הליכה, ריצה והרמת משקולות, יכולות להעלות את צפיפות העצם, ואילו שחייה איננה מסייעת לבניית עצמות חזקות (Nilsson & Westlin, 1971).

המחקר היחיד, שבו התגלה, כי ישנה צפיפות עצם גבוהה יותר ברדיוס הדיסטלי, ובחוליות עמוד השדרה אצל גברים שוחים לעומת גברים לא פעילים, הוא המחקר של אורוול (Orwoll, 1987).

המחקר בבעלי חיים. באוניברסיטה העברית בירושלים, נערכו ניסויים אחדים על חיות מעבדה כדי לבדוק את השפעת השחייה על צפיפות העצם.

בשלושה מחקרים (Swissa-Sivan et al., 1992; Swissa-Sivan et al., 1990; Swissa-Sivan et al., 1989; Simkin, Leichter & Samueloff, 1989) שחו חולדות כקבוצת ניסוי לעומת חולדות כקבוצת ביקורת, שלא שחו ולא הופעלו בכל פעילות אחרת. בשלושת המחקרים, נמצאו תוצאות מובהקות של **עלייה בצפיפות העצם** בקרב קבוצת הניסוי. יתר על כן, נמצאה **עלייה בחוזק ובשטח החתך** של עצמות החולדות בקבוצת הניסוי לעומת קבוצת הביקורת.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הינה לבדוק בניסוי מבוקר, בקרב אוכלוסיית הסיכון לאוסטאופורוזיס, את **מועילותם** (efficacy) של תרגילי מים מעמיסי-עצם בעצירת תהליך איבוד מסת העצם, לעומת פעילות גופנית מעמיסת עצם בעלת אפקט דומה, המבוצעת על פני הקרקע.

פעילויות נושאות משקל). הגורמים ההורמונליים והמכניים פועלים באינטראקציה במטרה לשמור על תפקודי השלד.

תגובת העצם לחוסר או לעודף גירוי מכני היא באמצעות שינויים במבנה ובכמות של רקמת העצם. תגובה זו נוצרת הן במקרים של **הפחתה ברמת העומסים** המכניים, כמו: חוסר תנועה, שכיבה במיטה וחוסר משקל, והן במקרים של **עלייה ברמת העומסים** המכניים (Lanyon, 1987; Smith, 1988).

הפעילות הגופנית במים והשפעתה על העצם

טיפול בעזרת **תרגול במים** באוכלוסיות חולים, הסובלים מבעיות רפואיות שונות, אינו חדש. חולים המוגבלים בתנועה כתוצאה מפגיעות בעצמות, במפרקים, בשרירים, או בעצבים - טופלו בעזרת תרגול במים.

בד בבד עם העלייה בגיל, ישנה עלייה בשכיחות המחלות הכרוניות של מערכת השלד ושל מערכת השרירים. תכניות הטיפול במים נחשבות כמסייעות במקרים, שבהם יש צורך בהגדלת טווח התנועה וכוח השריר (Davis & Harrison, 1988). זאת אף זאת, השימוש בתרגול במים שכיח גם בשלבי ההחלמה הראשוניים אחרי מצב של חוסר תנועה ממושך. השילוב הייחודי המצוי במים: **כוח ציפה** מחד גיסא ו**כוח התנגדות** מאידך גיסא, **מספק תנאים נוחים ובטוחים לפעילות מגוונת**, במיוחד במצבים כמו כאב, עווית השריר ופגיעה במפרקים, שבהם כל פעילות אחרת אינה אפשרית, ואף מגבירה את הכאב (Davis & Harrison, 1988).

התרגול במים חשוב במיוחד גם במצבים של צפיפות עצם נמוכה, הגורמת לשבירות העצם. במצבים אלה, נדרשת זהירות מרבית בתרגול. נוצר, אפוא, פרדוקס: מחד, יש צורך **בהעמסה על העצם** כדי לגרות את צמיחתה, ומאידך, קיימת גם סכנה לגרימת שבירים, כאשר **העצם אינה עומדת בעומס**. הסכנה **להעמסה בלתי מבוקרת** בפעילות גופנית פוחתת במים, משום שבתרגילי המים ישנה שליטה ובקרה הן על **רמת העומס המכני המופעל על העצם והן על כיווני הפעולה** של העומסים.

ובאורח מפורט:

- * לאמוד את ההבדל המוחלט (האבסולוטי), בממוצע צפיפות העצם אחרי ההתערבות בקבוצת המחקר הפועלת במים.
- * לאמוד את ההבדל היחסי (אחוז השינוי) בצפיפות העצם אחרי ההתערבות בקבוצת המחקר הפועלת במים.
- * לאמוד את ההבדל המוחלט (האבסולוטי) בממוצע צפיפות העצם אחרי ההתערבות בקבוצת הביקורת הפועלת באולם.
- * לאמוד את ההבדל היחסי בצפיפות העצם אחרי ההתערבות בקבוצת הביקורת הפועלת באולם.
- * לאמוד את ההבדל המוחלט (האבסולוטי) ואת ההבדל היחסי שבין השינויים בממוצע צפיפות העצם אחרי ההתערבות, בין שתי הקבוצות.

השערות המחקר

השערות המחקר מופיעות בגירסה דו-זנבית. הסיבה לכך היא שהתרגול במים הינו ראשוני ואין לדעת מראש אם תהיה עלייה (השווה, Rikli & McManis, 1990; Dalsky, 1990; Beverly et al., 1989; Dalsky et al., 1988; Smith et al., 1984) או ירידה אחרי ההתערבות. יתר על כן, גם תוצאות מחקרים, שבדקו את צפיפות העצם של העוסקים בפעילויות ספורט על פני הקרקע, אינן חד משמעיות.

ואלו הן שאלות המחקר:

- * האם יהיה הבדל בממוצע של צפיפות העצם אחרי התרגול בקבוצת המים, לעומת ממוצע צפיפות העצם לפני התרגול?
- * האם יהיה הבדל בממוצע של צפיפות העצם אחרי התרגול בקבוצת הקרקע (באולם), לעומת ממוצע צפיפות העצם לפני התרגול?
- * האם **עצירת הירידה*** או ההבדל בממוצע צפיפות העצם אחרי התרגול, תהיה באותו שיעור בקרב קבוצת המים כמו בקרב קבוצת האולם?

* משמעות **עצירת הירידה** היא שלא יהיה שינוי בממוצע צפיפות העצם אחרי ההתערבות.

שיטת המחקר

אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר כללה את כל הנשים המבקרות בשתי מרפאות גיל המעבר (menopausal age) במרפאות הגניקולוגיות **הדסה הר הצופים והדסה עין כרם**. מאוכלוסיה זו נופו נשים, שלא ענו על אמות המידה האלה:

- * נשים בעלות צפיפות עצם התחלתית נמוכה מ-55% (ממוצע צפיפות העצם המיוחסת לאוכלוסיה נורמלית בגיל זה).
- * נשים הסובלות מבעיות רפואיות, כמו בעיות לב-ריאה שבתיקיהן הרפואיים צוין בפירוש, כי עליהן להגביל את פעילותן.
- * נשים שהיה חסר לגביהן מידע בסיסי, כמו כתובת.

נשלחו 281 מכתבי פנייה להשתתפות במחקר לנשים הנבדקות במרפאת **הדסה הר הצופים** ו-245 מכתבי פנייה להשתתפות במחקר לנשים הנבדקות במרפאת **הדסה עין כרם**, בסך הכל 526 מכתבי פנייה. במכתבי הפנייה היה הסבר מפורט על אופי הפעילות, אופי המחקר וסוג הפעילות הגופנית. נכתב מראש, כי תתבצע **הקצאה מקרית*** לצורך המחקר. כל אשה, שתסרב להקצאה, לא תיכלל במחקר.

יצוין, כי לפני התחלת המחקר הוגשה בקשה לביצוע המחקר **לוועדת הלסינקי** בבית חולים **הדסה עין כרם**. תהליך איתור אוכלוסיית המחקר החל רק אחרי קבלת האישור לביצוע המחקר.

כלי המחקר

מכשיר המדידה של צפיפות העצם הופעל לפי **שיטת פיזור קומפטון** (Compton). שיטה זו פותחה בבית החולים **הדסה** בשיתוף עם האוניברסיטה העברית בירושלים, ונועדה למדוד, במדידה ישירה, את צפיפות **רקמת העצם הספוגית**. רקמת העצם הספוגית היא זו הנפגעת במחלות עצם מטבוליות בשלבים מוקדמים (לייכטר ואח', 1990).

* **הקצאה מקרית**, פירושה חלוקה לקבוצת התרגול באמצעות הגרלה ולא באמצעות בחירה חופשית של המשתתפת.

בשיטה זו נמדדת הצפיפות של רקמת העצם ליחידת נפח: גרם/סמ"ק (Hazan et al., 1977). המדידות ניתנות לביצוע בקצה הדיסטלי של עצם האמה או של עצם השוקה. דהיינו, אזורים שבהם ריכוז רקמת העצם הספוגית גבוה. הנפח הנמדד קטן יחסית לממדי העצם. ניתן לבצע מספר מדידות בתוך העצם, ובאמצעות סריקה לקבל מידע על צפיפות הרקמה הספוגית באזור הבדיקה (Leichter, Weinreb & Hazan, 1980). המדידה מספקת מידע על צפיפות כל מרכיבי העצם, והיא מבוססת על המדידה של עצמת הקרינה, המפוזרת מן העצם בתהליך קומפטון. טעות המדידה של המכשיר היא 1.3% (Hazan, et al., 1977; Leichter, Weinreb & Hazan, 1980; Leichter, et al., 1987).

המקורות לאיסוף הנתונים

נתונים נאספו משלושה מקורות:

★ **ממחשב הדסה ומהתיקים הרפואיים** התקבל מידע על נתונים דמוגרפיים: הגיל, המוצא, ארץ לידת האב, מספר שנות הלימוד, ונתונים רפואיים:

- האם האשה מקבלת טיפול באסטרוגן?
- האם היא צורכת תרופות באופן קבוע?
- האם האשה סובלת ממחלות כרוניות?
- האם היא סובלת ממחלת בלוטת-התריס?
- האם היא מקבלת תרופות למחלת בלוטת-התריס?

★ **שאלון לאיסוף נתונים**. באמצעות השאלון נאסף מידע על נתונים דמוגרפיים: הגיל, המוצא, מוצא האב, מספר שנות הלימוד, התחלת גיל המעבר (menopausal age) ומידע לשאלות:

- האם נעשה טיפול באסטרוגן?
- האם הנבדקת עוסקת בהווה בפעילות גופנית?
- האם הנבדקת סובלת ממחלות כרוניות, העלולות להגביל את השתתפותה בפעילות?
- האם הנבדקת מקבלת תרופות באופן קבוע?

לפני מתן השאלון לנשים נעשה **מבחן-קדם (pre-test)**, על ניסוח השאלון בקרב 20 נשים בגילים דומים. מבחן הקדם בדק את דרגת הקושי במילוי השאלון. מאחר שלא היה כל קושי במילוי השאלון לא נערכו בו שינויים.

המקור הראשון לאיסוף נתונים לקה בכך, שכלל נתונים חלקיים בלבד. הנתונים שהתקבלו, אומתו בעזרת נתוני השאלון, וכשהייתה אי התאמה, נתקבלו נתוני השאלון.

★ **מדדים פיזיקליים**. לפני תכנית ההתערבות ואחריה נבדקו שלושה מדדים פיזיקליים: **צפיפות העצם, מדידות משקל, מדידות גובה**.

- **בדיקת צפיפות העצם**. לבדיקת צפיפות העצם בפעם הראשונה קדם צילום רנטגן של אזור הבדיקה, **עצם הרדיוס הדיסטלי**, ביד הלא דומיננטית. על סמך צילום הרנטגן בוצעה בדיקת צפיפות העצם השנייה בדיוק באותו אזור, בעצם הרדיוס הדיסטלי. הטכנאית שביצעה את הבדיקות לא ידעה לאיזו קבוצה משתייכת כל אחת מן הנשים. וכדי למנוע הטיה, הנשים לא הוזמנו לבדיקה לפי סדר מסוים של שייכות לקבוצה. כדי שהבדיקות תהיינה מהימנות, נבדקו התוצאות פעם נוספת על ידי מומחה למכשיר המדידה. בבדיקות מהימנות אלו, נפסלו שלוש בדיקות.

- **מדידות משקל**. מדידות המשקל הראשונה והשנייה (בק"ג), התבצעו במאזניים רפואיים במכון לאוסטאופורוזיס.

- **מדידות גובה**. מדידות הגובה הראשונה והשנייה (בס"מ), התבצעו במד-גובה, הצמוד למאזניים במכון לאוסטאופורוזיס.

הגדרות תפעוליות של חלק ממשתני המחקר

רמת צפיפות העצם, כפי שנמדדה בשיטת פיזור קומפטון בבדיקת הקצה הדיסטלי של עצם הרדיוס. גבוהה: מעל 1.18 גרם/סמ"ק; נמוכה מ-1.18 גרם/סמ"ק ומטה.

גיל כרונולוגי. חושב בשנים שלמות לפי שנת לידה. המידע המופיע בתיקים הרפואיים אומת באמצעות השאלונים.

גיל המעבר (menopausal age), חושב לפי מספר השנים, שעברו מסיום המחזור החדשי, על פי הצהרת האשה.

אסטרוגן (estrogen). גורם הורמונלי זה הינו משתנה דיכוטומי שנקבע על סמך הצהרת האשה. מקבלת אסטרוגן (כל סוג אסטרוגן, בכל מינון, בכל זמן שהוא), או שאיננה מקבלת אסטרוגן.

מחלות כרוניות. מחלות לב, אסטמה, סוכרת, העלולות להגביל את פעילות האשה במחקר. מידע זה התקבל על סמך הצהרת האשה ועל סמך המידע בתיקים הרפואיים.

הזיווג (matching) של המשתתפות לקבוצות

שיך המשתתפות לקבוצות נעשה על פי זיווג אישי. חלוקה זו התבצעה על ידי קיבוע (fixation) של שלושת המשתתפים העיקריים, העלולים להיות משתתפים מבלבלים (confounders): א. אסטרוגן; ב. רמת צפיפות העצם ההתחלתית (לפי הטיפול); ג. גיל המעבר (menopausal age).

הזיווג האישי לקבוצות התבצע כך: לכל אשה, השייכת לקבוצה מסוימת, הותאמה בת זוג, הדומה לה בשלושת המשתתפים, בקבוצה השנייה. בהקצאה מקרית בין שתי בנות-הזוג, חולקו המשתתפות לשתי קבוצות. קבוצה אחת השתתפה בתרגול במים (קבוצת המים), ואילו הקבוצה השנייה פעלה בתרגילים, המבוצעים על פני הקרקע (קבוצת האולם).

השלב של מהלך המחקר

בשלב ראשון, מילאו המשתתפות (n=67) שאלון, וביצעו בדיקה ראשונה של צפיפות עצם הרדיוס (באמצעות שיטת פיזור קומפטון), שקילה ראשונה, ומדידת גובה ראשונה. בשלב זה נשרו שלוש נשים.

הנשים שנותרו (n=64), זווגו (matched), וחולקו אקראית לקבוצות. הנבדקות חתמו על טופס הסכמה להשתתפות במחקר, לפי הנחיות ועדת הלסינקי.

בשלב הראשון של תכנית ההתערבות, היו, אפוא, 64 נשים (32 בכל קבוצה). במשך התכנית נשרו 5 נשים ונותרו 59.

בשלב הבדיקות החוזרות נערכה בדיקה שנייה של צפיפות עצם הרדיוס בעזרת מכשיר הקומפטון, שקילה שנייה, ומדידת גובה שנייה.

בשלב ניתוח הנתונים, שמטרתם הייתה לבדוק את מהימנותן של בדיקות צפיפות עצם הרדיוס, נערכה בדיקת מומחה, ובה נפסלו 3 בדיקות צפיפות עצם בגלל בעיית מהימנות (תזוזה במיקום המדידה החוזרת). 3 נשים אלו וכן 3 הנשים, המזווגות אליהן,

נשרו מהעיבוד הסופי של התוצאות. כן הוצאה מהעיבוד הסופי של הנתונים אשה נוספת בגלל נשירת בת הזוג מהקבוצה השנייה, כלומר נתוניה הוצאו מהניתוח הסטטיסטי משום שנותרה ללא בת זוג.

בסופו של כל התהליך, נשארו לעיבוד סופי של נתונים 25 נשים מכל קבוצה.

תכנית ההתערבות

כללית. הפעילות הגופנית בשתי הקבוצות, **בקבוצת המים ובקבוצת האולם**, התקיימה **במרכז קוסל** שבאוניברסיטה העברית, גבעת רס. קבוצת האולם פעלה באופן קבוע באולם ההתעמלות של המרכז, ואילו קבוצת המים פעלה בבריכת האוניברסיטה. כל קבוצה פעלה במשך 5 חדשים, 3 פעמים בשבוע, 45 דקות כל פעם.

בכל שיעור נבדקה נוכחות המשתתפות בכל אחת מהקבוצות על ידי רשימת נוכחות. במהלך המחקר הייתה המגמה ליצור **הנעה** (מוטיבציה) להמשך השתתפות פעילה אצל הנבדקות, שהחסירו יותר מכמה שיעורים רצופים. ייתכן, שזו אחת הסיבות לכך, ששיעור הנשירה מהמחקר היה נמוך יחסית.

לפני התחלת התכנית קיבלו שתי המדריכות, זו של קבוצת האולם וזו של קבוצת המים תדרוך מעורכת המחקר בכל הקשור **לשיטות ההפעלה ולעקרונותיה, למבנה השיעור, ולאמצעי הזהירות והבטיחות**, שנועדו למנוע נזקים בריאותיים. המעקב אחרי ביצוע התכנית נעשה על ידי עורכת המחקר במהלך תכנית ההתערבות.

תכנית ההתערבות בקבוצת המים

הפעילות התבצעה בחלק הרדוד של הבריכה, במקום שהמים, בטמפרטורה של 25° , הגיעו עד גובה החזה. לכן, נשים גבוהות עמדו במים העמוקים יותר. במשך רוב זמן הפעילות היה הגוף במצב אנכי למים. לא בוצעו תנועות, שבהן הידיים נכנסו ויצאו מהמים באותה תנועה, וזאת, כדי למנוע לחץ באזור הכתפיים בגלל שינויי ההתנגדות בין האויר ובין המים.

העיקרית בעבודה במים. ביצוע תרגילי כוח של השרירים, המחברים לעצמות העיקריות, הנוטות לצפיפות עצם נמוכה ולשכיחות גבוהה של שברים. דגש מיוחד הושם על תרגילי כוח של השרירים המחברים לרדיוס, לעמוד השדרה ולעצם הירך. עקרונות העבודה בקבוצת האולם דמו לעקרונות העבודה בקבוצת המים. **גיוון רב** בתרגילים ובתנועות, ככל האפשר, **ובזוויות פעולה שונות** בכל המצבים האפשריים: כפיפה, לחיצה, מתיחה ופיתול (Simkin & Ayalon, 1990).

אופן הביצוע. הפעילות באולם התבצעה בשתי קבוצות עבודה. חלק מהפעילות נעשתה בעמידה, וחלקה - בשכיבה ובישיבה על גבי מזרונים. ההעמסה בעיקרה התבצעה באמצעות השימוש במשקל הגוף עצמו ככוח התנגדות. כמו כן נעשה שימוש במכשירי עזר, כגון כדורים. אחרי כחודשיים של פעילות הוכנסו לשימוש משקולות יד במשקלים שונים, תוך עלייה הדרגתית הן במשקל והן בשכיחות הביצוע.

מבנה השיעור. מבנה שיעור רגיל כלל:

- * **חלק מכין**, שנמשך כ-5 דקות.
- * **תרגילי גמישות**, שנמשכו כ-10 דקות.
- * **תרגילי כוח**, שנמשכו כ-25 דקות.
- * **הרפיה**, שנמשכה כ-5 דקות.

השוואה בין תכנית הפעילות של קבוצת המים לבין תכנית הפעילות של קבוצת האולם

היתה מגמה להשוות בין **עצימות המאמצים** (intensity), בין שתי הקבוצות בתקופת ההתערבות. המטרה העיקרית בשתי התכניות היתה זהה: תרגול שנועד להגביר את כוח השריר ואת מסת השריר. בשתי התכניות נועד החלק העיקרי של השיעור להשיג את המטרה הזאת על ידי ריבוי תרגילים של העמסה על עצם הרדיוס. ההדרגתיות בתרגול היתה אף היא זהה בשתי התכניות, והוא הדין במעבר לשימוש במכשירי עזר. הואיל ולא הייתה אפשרות למדוד עצימות, לא היה אפשר לוודא עובדה זו.

הניתוח הסטטיסטי

מבחיני מובהקות לערכים הממוצעים של צפיפות העצם לפני הטיפול ואחריו, בכל

מטרת התרגול הייתה לבצע מספר רב ככל האפשר של תרגילים כנגד התנגדות המים. הפעילות התמקדה בתרגילים, הדורשים הפעלת כוח של השרירים המחברים לעצמות המועדות לירידה בצפיפות העצם, ועקב כך לשברים: עצם הרדיוס, חוליות הגב ועצמות הירך. הושם דגש מיוחד בביצוע פעילויות של השרירים המחברים לעצם הרדיוס, וכן על גיוון רב ככל האפשר בתרגילים ובתנועות, תוך שימוש בכיווני פעולה שונים בכל המצבים האפשריים: כפיפה, לחיצה, מתיחה, ופיתול (Simkin & Ayalon, 1990).

עם אוכלוסיית המחקר נמנו בעיקר נשים בגיל המעבר, אשר לא עסקו בפעילות גופנית בשנים האחרונות. לכן, היתה הקפדה הן על עקרון ההדרגתיות בהתקדמות בתרגול והן על שימוש נכון בעקרונות ההפעלה במים.

ההתקדמות בתרגול בוצעה על ידי עלייה הדרגתית בעומס של פעילות כנגד התנגדות, מעבר לפעילות היומיומית.

שימוש במכשירי עזר. במהלך המחקר נעשה שימוש במכשירי העזר האלה:

- * **קיר הבריכה**, כדי לסייע בשיווי המשקל ובהפעלת ההתנגדות
- * **מצופים** בגדלים שונים בהתאם להתקדמות באימונים. השימוש במצופים מסייע להגדלת שטח הפנים ועל ידי כך להגדלת ההתנגדות
- * **כפות**, המגדילות את ההתנגדות, על ידי יצירת שטח פנים גדול יותר
- * **כדורים**, שבהם נעשה שימוש דומה לשימוש בכפות או במצופים
- * **מוטות ציפה**.

מבנה השיעור. מבנה שיעור רגיל כלל:

- * **מתיחות**, במשך 3-5 דקות
- * **פעילות אירובית** (למניעת ירידת הטמפרטורה של הגוף), במשך כ-10 דקות
- * **עבודה כנגד התנגדות המים**, תוך שימת דגש על הידיים, היווה את החלק העיקרי בשיעור, והיא נמשכה כ-25 דקות.
- * **ריצה קלה או פעילות אירובית קלה** אחרת ותרגילי הרפיה, לסיום השיעור.

תכנית ההתערבות בקבוצת האולם

עקרונות העבודה בקבוצת האולם. המטרה העיקרית בעבודה באולם זהה למטרה

לוח 2:

התפלגות המשתנים של אוכלוסיית המחקר לפני ההתערבות (n=50)

מוצא	קבוצת המים		קבוצת האולם	
	שכיחות	%	שכיחות	%
ישראל	10	40	10	40
אסיה-אפריקה	10	40	7	28
ארה"ב-אירופה	5	20	8	32
גיל המעבר (מקובץ לשתי קטגוריות 5-0; 24-6)				
5-0	15	60	15	60
24-6	10	40	10	40
שימוש באסטרוגן				
משתמשת	8	32	8	32
לא משתמשת	17	64	17	64

מן הנתונים ניתן לראות, שהשכיחות של ילידות ישראל בקבוצת האולם שווה לשכיחות בקבוצת המים. כמו כן, לא ניכרים הבדלים גדולים בשכיחויות בין ילידות אסיה-אפריקה ובין ילידות ארה"ב-אירופה. גיל המעבר (menopausal age) היה משתנה רציף, שנקבע בזיווג, בזמן החלוקה לקבוצות. כאן מופיע המשתנה בצורה מקובצת לשתי קטגוריות: נשים בתחילת גיל המעבר (5-0 שנים) ונשים, הנמצאות בגיל המעבר זמן ממושך (24-6 שנים). הנשים בתחילת גיל המעבר הן רבות יותר (n=15), מהנשים, הנמצאות בגיל המעבר (menopausal age) זמן ממושך יותר (n=10). עוד עולה מן הלוח, שרוב אוכלוסיית המחקר לא השתמשה באסטרוגן (estrogen).

השפעת הפעילות הגופנית על הממוצעים של צפיפות העצם

קבוצת הפעילות במים לפני ההתערבות ואחריה. בקבוצת הפעילות במים נערכו שני מבחני מובהקות של ממוצעי צפיפות העצם כדי לבדוק, אם יש הבדל בין ממוצע צפיפות העצם לפני תכנית ההתערבות ובין הממוצע אחרי התכנית (ר' לוח 3).

קבוצה בנפרד ובהשוואה בין שתי הקבוצות, נעשו על ידי מבחני t למדגמים מזווגים ועל ידי מבחני וילקוקסון (Wilcoxon) למדגמים מזווגים.

באמצעות מבחן פירסון נבדקה המהימנות של כלי המדידה של צפיפות העצם על ידי בדיקת המתאמים של צפיפויות העצם של אותה אישה, לפני הטיפול ואחרי, בשתי הקבוצות בנפרד.

התאמה בין שתי הקבוצות של שני משתני הזיווג: צפיפות העצם ההתחלתית וגיל המעבר (menopausal age), נבדקו על ידי מבחן פירסון.

בדיקת ההבדלים בין תת-קבוצות לפי המשתנים של גיל מעבר (menopausal age), ואסטרוגן (estrogen), נעשתה על ידי מבחני ANOVA דו-זנביים (two-tailed).

ה מ מ צ א י ם

תיאור אוכלוסיית המחקר

מאפייני יסוד של אוכלוסיית המחקר (n=50), מוצגים בלוחות 1 ו-2.

לוח 1:

ממוצעים של משתני אוכלוסיית המחקר לפני ההתערבות

	צפיפות עצם (גר' סמ"ק)		גובה (מ')		משקל (ק"ג)	
	SD	ממוצע	SD	ממוצע	SD	ממוצע
מים	0.038	1.166	0.069	1.60	14.5	70
אולם	0.050	1.171	0.059	1.58	13.7	66

מבחן t למדגמים מזווגים נערך בין מדידות ממוצע צפיפות עצם הרדיוס בקבוצת המים לפני ההתערבות, ובין מדידות ממוצע צפיפות העצם בקבוצת האולם. נמצא, שאין הבדל מובהק בין שתי הקבוצות לפני ההתערבות (p=.486). מבחן t למדגמים מזווגים בדק, אם יש הבדל בממוצע המשקל בין שתי הקבוצות לפני ההתערבות. במבחן זה נמצא שאין הבדל מובהק בממוצע המשקל בין שתי הקבוצות (p=.516).

לוח 3:

מבחני מובהקות של ממוצע צפיפות העצם לפני ביצוע תכנית ההתערבות ואחריה, בקבוצת המים (הבדל מוחלט - אבסולוטי)

מבחן t	מבחן וילקוסון (Wilcoxon)	אחרי ההתערבות		לפני ההתערבות	
		SD	ממוצע	SD	ממוצע
P. Value	P. Value	0.040	1.1776	0.038	1.166
0.001	0.0025				

לפי מבחן וילקוסון (דו-זנבי) למדגמים מזווגים, ישנו הבדל מובהק ($P < 0.0025$) בין ממוצע התוצאות לפני ביצוע תכנית ההתערבות, ובין ממוצע התוצאות אחרי ביצוע התוכנית. גם לפי מבחן t למדגמים מזווגים, ישנו הבדל מובהק ($P < 0.001$) בין ממוצע התוצאות לפני ביצוע תכנית ההתערבות, ובין הממוצע אחרי ביצוע התוכנית. לפי שני המבחנים הללו, יש שיפור בצפיפות העצם אחרי הפעילות במים, ובגלל ערך P קטן מאוד ניתן להניח, שההבדל מובהק ואינו מקרי.

הפעילות בקבוצת האולם לפני תכנית ההתערבות ואחריה. בקבוצת האולם נערכו שני מבחני מובהקות של ממוצע צפיפות העצם, כדי לראות אם יש שינוי בצפיפות העצם אחרי תכנית ההתערבות (רי לוח 4).

לוח 4:

מבחני מובהקות של ממוצע צפיפות העצם בקבוצת האולם לפני ההתערבות ואחרי ההתערבות (הבדל מוחלט - אבסולוטי)

מבחן t	מבחן וילקוסון (Wilcoxon)	אחרי ההתערבות		לפני ההתערבות	
		SD	ממוצע	SD	ממוצע
P. value	P. Value	0.051	1.173	0.050	1.171
0.495	0.4432				

לפי מבחן וילקוסון (דו-זנבי) למדגמים מזווגים, אין הבדל מובהק בין ממוצע

התוצאות לפני ביצוע תכנית ההתערבות ובין ממוצע התוצאות אחריה ($P = 0.443$). גם לפי מבחן t למדגמים מזווגים אין הבדל מובהק בין ממוצע התוצאות לפני ביצוע התכנית ובין ממוצע התוצאות אחריה ($P = 0.495$).

התוצאות בקבוצת האולם הראו, שהיה תהליך עצירה של ירידה בצפיפות העצם, וממוצע התוצאות אחרי ביצוע התכנית אף מראה שיפור קל לעומת ממוצע התוצאות לפני ביצועה. ואולם, אין לדעת, אם השיפור היה מקרי או כתוצאה מביצוע התכנית, הואיל והתוצאות אינן מובהקות.

מבחני מובהקות של ההבדל בין השינויים בממוצעי צפיפות העצם בין שתי הקבוצות (הבדלים אבסולוטיים)

במהלך הניתוח הסטטיסטי נעשה שימוש בהגדרות כלהלן:

- * הפרש אבסולוטי בצפיפות העצם - ההבדל המוחלט (האבסולוטי) של ממוצע צפיפות העצם בבדיקה השנייה (אחרי הטיפול), פחות (מינוס) ממוצע הצפיפות של העצם בבדיקה הראשונה (לפני הטיפול) באותה קבוצה.
- * ההבדל בין השינויים - ממוצע ההבדל המוחלט (האבסולוטי) בין השינויים בממוצעי צפיפות העצם, שהתקבלו בכל קבוצה, קרי: הפרש בממוצע צפיפות העצם של קבוצה 1 (קבוצת המים), פחות (מינוס) הפרש ממוצע צפיפות העצם של קבוצה 2 (קבוצת האולם).

ממוצעי ההבדלים בין הקבוצות מוצגים בלוח 5.

לוח 5:

מבחני מובהקות של ממוצע ההבדל בין השינויים בצפיפות העצם (הבדלים מוחלטים) בין קבוצת המים ובין קבוצת האולם

מבחן t			מבחן וילקוסון: (Wilcoxon)	
P. value	SD	ממוצע		
P=0.037	0.016	0.0116		מים
	0.014	0.0020	P=0.0419	אולם

לפי מבחן וילקוקסון למדגמים מזווגים (דו-זנבי), יש הבדל מובהק במוצע ההבדל בין השינויים, לטובת הקבוצה שפעלה במים ($P=0.041$). גם לפי מבחן t למדגמים מזווגים יש הבדל מובהק במוצע ההבדל שבין השינויים, לטובת הקבוצה שפעלה במים ($P=0.037$). כלומר, השיפור בקבוצת המים גדול מהשיפור בקבוצת האולם.

מהצגת הממצאים עד כה עולה, כי השיפור במוצע צפיפות העצם בקבוצת התרגול במים אחרי ההתערבות, אינו נובע, כנראה, ממקריות בגלל ערך P קטן.

נמצא שיפור במוצעי צפיפות העצם בקבוצת האולם אחרי ההתערבות, אך התוצאה אינה מובהקת.

ההבדל בין השינויים של ממוצעי צפיפות העצם בין שתי הקבוצות הוא מובהק. לכן, ניתן להניח, כי השיפור בקבוצת המים גדול מהשיפור בקבוצת האולם.

בבדיקת השיעור היחסי של ההרעה (ירידה של צפיפות העצם) ובבדיקת השיעור היחסי של ההטבה (עלייה של צפיפות העצם) אחרי הטיפול בקבוצת המים, נראה שהשיעור המרבי של ההרעה לנבדקת אחת, היה -1.72% , ואילו השיעור המרבי של ההטבה היה 3.47% .

בבדיקת השיעור היחסי של ההרעה ובבדיקת השיעור היחסי של ההטבה בצפיפות העצם אחרי הטיפול בקבוצת האולם נראה, שהשיעור המרבי של ההרעה לנבדקת אחת היה -2.56% , ואילו השיעור המרבי של ההטבה היה 2.58% .

כדי למדוד את מהימנות כלי המדידה של צפיפות העצם נבדקו המתאמים בין צפיפויות העצם של אותה אישה לפני ביצוע התכנית ואחריה, בכל קבוצה לחוד.

התוצאות הן:

- * המתאם בקבוצת המים בין צפיפויות העצם של אותה אישה לפני ביצוע התכנית ואחריה: $r=0.919$.
- * המתאם בקבוצת האולם בין צפיפויות העצם של אותה אישה, לפני ביצוע התכנית ואחריה: $r=0.959$.

בבדיקת ההבדלים בין תת-הקבוצות, לפי המשתנים של גיל מעבר (menopausal age) ואסטרוגן, לא התגלו השפעות של גיל או של טיפול באסטרוגן בקבוצת המים ובקבוצת האולם.

ד י ו ן

מחקר זה הינו ניסוי קליני מבוקר עם חלוקה אקראית, שנבדקה בו מועילות (efficacy) של שתי תכניות התערבות, האחת במים והאחרת באולם, על צפיפות העצם. שני הממצאים העיקריים של המחקר הם:

- * היתה עלייה מובהקת מאוד במוצע צפיפות העצם אצל הנשים בקבוצת המים.
- * נמצא הבדל מובהק לטובת התרגול במים לעומת התרגול באולם.

המסקנה הבולטת היא שעל פי הממצאים הללו, ניתן להמליץ על פעילות בתרגולי מים לנשים בגיל המעבר (menopausal age).

בבדיקת ההתאמה של משתני הזיווג לא נמצאו הבדלים גדולים בין שתי הקבוצות. במחקר קובעו שלושה משתנים: רמת צפיפות העצם ההתחלתית, צריכה או אי צריכה של אסטרוגן (estrogen) וגיל המעבר (menopausal age). בגלל גודל המדגם, לא הייתה אפשרות לקבוע משתנים נוספים. המשתנה, פעילות גופנית נוספת, שעשוי היה להוות משתנה מבלבל (confounder), נלקח בחשבון במהלך ניתוח התוצאות. לקיחת סידן לא קובעה כמשתנה נוסף, כי ההנחה היתה, שצריכת הסידן, אם היא קיימת, שווה בשתי הקבוצות. משתנה נוסף, שיש לתת עליו את הדעת הוא קצב איבוד מסת העצם. ניתן לזהות שתי תבניות עיקריות של איבוד מסת עצם: תהליך מואץ ותהליך מואט. התהליך המואט מתחיל בערך בגיל ה-40, והתהליך המואץ מתחיל בתחילת גיל המעבר (Mazess 1982, Lindsay et al., 1980).

קשה לקבע את המשתנה של קצב הירידה בצפיפות העצם בזיווג אישי, כפי שנעשה במחקר הנוכחי, כי יש צורך במעקב של שנים מספר אחרי תבנית איבוד מסת העצם לפני התחלת ההתערבות. התהליך מסורבל ולא תמיד אפשרי, מה גם שאין כל תבנית לקצב ירידה קבוע, וכל אישה נבדקת בתאריך בדיקה שונה.

בקבוצת האולם לא נמצא הבדל מובהק בין ממוצע צפיפות העצם לפני ביצוע תכנית ההתערבות ובין ממוצע צפיפות העצם אחרי ביצוע התכנית. התוצאות בקבוצת האולם הצביעו על עצירת הירידה בצפיפות העצם. בהשוואה למחקרים אחרים, שבהם דווח שתהליך איבוד מסת העצם נעצר אחרי הפעלת תכנית פעילות של 9 חודשים,

(Rundegren et al., 1984). ובדיווח אחר נמצא, שהייתה עלייה של 3.4% במינרלים בעצם ביד אחרי תכנית של 6 שבועות, שבמהלכה לחצו המשתתפות כדור טניס במשך 30 שניות ליום (Beverly et al., 1989).

באשר לשינוי היחסי בממוצע צפיפות העצם בקבוצת המים אחרי הטיפול הייתה עלייה של 1% בממוצע צפיפות העצם. גודל השינוי היחסי בממוצע צפיפות העצם בקבוצת האולם אחרי הטיפול הוא 0.17%. בהשוואה, ממוצע העלייה היחסית בצפיפות עצם הרדיוס של 14 נשים בגיל המעבר (menopausal age) היה 3.8% אחרי 5 חודשי פעילות (Ayalon et al, 1987). במחקר אחר, לא נמצא הבדל בממוצע השינוי היחסי בצפיפות החוליות אחרי 8 חודשי התערבות (Krolner, Toft & Pors-Nielsen, 1983). ובמחקר נוסף, נמצאה עלייה של 5.2% בממוצע השינוי היחסי בחוליות אחרי 9 חודשי פעילות של תרגילים (Dalsky et al., 1988).

המאזן המינרלי של העצם מושפע משלושה גורמים: **הגורם ההורמונלי, הגורם התזונתי והעומס המכני**. כאשר ישנם גירויים חזקים כגון מחסור כרוני בסידן או ירידה בכמות האסטרוגן, עלולים **העומסים המכניים** לא להספיק למנוע את מאזן הסידן השלילי (Lanyon, 1987; Dalsky, 1990).

ניתן היה לשער, כי תהיה עלייה נוספת בצפיפות העצם אחרי ההתערבות אצל הנשים, שקיבלו גם אסטרוגן. ייתכן, **שזמן המחקר**, שהיה קצר יחסית, **וגודל המדגם**, השפיעו על תוצאות אלו.

בשאלון המחקר לא הייתה התייחסות למשתנים כמו עישון, צריכת קפאין, צריכת תרופות המשפיעות על העצם, היסטוריה משפחתית, שברים קודמים, כריתת שחלות או צריכה גבוהה של שומן מהחי. מאחר שכל אלו נמנים עם גורמי הסיכון למחלת האוסטאופורוזיס, יש לשער, שגם הם השפיעו על תוצאות המחקר.

משמעות התוצאות

הפעילות במים יכולה לשמש כמניעה בשלוש רמות:

- * **מניעה ראשונית (primary prevention)**. **טיפול מונע** בקרב אוכלוסיה שאינה מוגדרת כחולה במחלה מסוימת

- * **מניעה שניונית (secondary prevention)**. **טיפול משקם** בקרב אוכלוסיה, המוגדרת כחולה במחלה מסוימת בדרגת חומרה של מחלה הניתנת לשיקום.
- * **מניעה שלישונית (tertiary prevention)**. **טיפול תומך** בקרב אוכלוסיה המוגדרת כחולה במחלה מסוימת בדרגת חומרה גבוהה של מחלה.

רמות מניעה אלה יכולות לשמש כשיטת פעילות מומלצת לסוגי אוכלוסיה שונים, לגילים שונים ולשני המינים, למטרות האלה:

- * **מניעה ראשונית** של ירידה במסת העצם בקרב אוכלוסיית נשים **לפני גיל המעבר** (premenopausal age) **ואחרי גיל המעבר** (postmenopausal age).
- * **מניעה שניונית** של ירידה במסת העצם הן בקרב אוכלוסיות נשים, המוגדרות **כאוסטאופורוטיות** בגיל המעבר (menopausal age), והן בקרב נשים, הנמצאות בגיל מעבר מוקדם בגלל כריתת שחלות או שהמחזור החודשי שלהם נפסק.
- * **מניעה שלישונית** של ירידה במסת העצם בקרב אוכלוסיות, אשר איבדו כמחצית מממוצע צפיפות העצם, המיוחסת לאוכלוסיה נורמלית לגיל זה. במחקר זה, נופו נשים כאלה מראש. לא ידוע בספרות על מחקרים, שעסקו באוכלוסיות כאלה. לפיכך, טעונה המלצה זו בדיקת מחקר נוספת.

סיכום

מחלת האוסטאופורוזיס הינה מחלת העצם השכיחה ביותר בקרב נשים מבוגרות. שברים, הקשורים לאוסטאופורוזיס, הינם בין הגורמים העיקריים לתלואה ולמוות בגיל המבוגר. אחת מתכונות העצם היא היותה רקמה דינמית, המהווה מקור תמיכה ומקור לאספקת מינרלים. שני מנגנונים משפיעים בו-זמנית על המינרלים של העצם: **ההורמונים והעומס המכני**. כאשר יש ירידה בעומס המכני ברמה המקומית, ישנה ירידה במסת העצם.

העדויות בספרות הרפואית של השפעת הפעילות במים על צפיפות העצם הן מעטות. המחקרים על בני אדם הינם **מחקרי חתך** (cross-sectional), ומשווים בעיקר בין אוכלוסיות של ספורטאים בענפי ספורט שונים ובין שחיניים (Risser, et al., 1990; Orwoll, 1987; Nilsson & Westlin, 1971). לא ידוע על **מחקרי אורך** (longitudinal)

ממוצע השינוי של צפיפות העצם בהבדלים מוחלטים (אבסולוטיים), בקבוצת המים, היה מובהק בהשוואה לשינוי בקבוצת האולם, הן על פי מבחן Wilcoxon ($P=0.041$) והן על פי מבחן t ($P=0.037$). שני המבחנים שבוצעו בהבדלים יחסיים, הניבו תוצאות דומות ($P = 0.034, 0.031$, בהתאמה).

לפי שני המבחנים הללו, ממוצע השינוי בצפיפות העצם בקבוצת המים אחרי ביצוע תכנית ההתערבות היה מובהק ($P = 0.0025, 0.001$, בהתאמה), ואילו בקבוצת האולם היה שיפור קל בממוצע צפיפות העצם אחרי ביצוע ההתערבות, אך לא נמצא הבדל מובהק בין ממוצע התוצאות לפני ההתערבות ובין ממוצע התוצאות אחרי ההתערבות ($P = 0.4432, 0.495$, בהתאמה).

ה מ ל צ ו ת

בעקבות ממצאי המחקר מומלץ:

- ★ לבצע מחקרים פרוספקטיביים נוספים, שיבדקו את השפעת הפעילות במים על צפיפות העצם באוכלוסיות שונות, בגילים שונים, במצבים התחלתיים שונים של צפיפות עצם
- ★ לערוך מדידות נוספות של אזורי עצם אחרים, כגון חוליות הגב
- ★ לבצע מחקרים נוספים שבהם זמן ההתערבות ארוך יותר, והמדגם גדול יותר
- ★ לשלב את הפעילות הגופנית עם תרופות, כגון קלציטונין או סידן מועשר בויטמין D ובאסטרוגן
- ★ לערוך מחקר פרוספקטיבי לאורך זמן, שתהיה בו השוואה של השברים הנגרמים בקרב אוכלוסייה הפעילה במים או באולם, לעומת השברים השכיחים בקרב אוכלוסייה בלתי פעילה.

העוסקים בתחום זה. הדעה המקובלת היא שרק פעילויות מעמיסות-משקל, כגון: הליכה, ריצה והרמת משקולות, יכולה להעלות את צפיפות העצם, ואילו שחייה אינה מסייעת לבניית עצמות חזקות.

לטיפול במים יתרונות ייחודיים, בעיקר בקרב אוכלוסיות שלהן בעיות רפואיות, כגון מחלות ראומטיות, מוגבלות בתנועה, כאבי גב כרוניים. אוכלוסיות אלו נעות ביתר נוחות במים. עם העלייה בגיל ישנה עלייה בשכיחות של מחלות כרוניות ושל בעיות בריאות. התנאים הייחודיים שיש במים, **כוח ציפה** מחד גיסא, **וכוח התנגדות** מאידך גיסא, מהווים סביבה נוחה ובטוחה לפעילות (Davis & Harrison, 1988).

התרגול במים חשוב במיוחד במצבים שבהם נדרשת זהירות מיוחדת בתרגול בגלל צפיפות עצם נמוכה מאוד, כאשר **העצם מחוררת** (porous) ונוטה לשברים. במצב כזה הסכנה להעמסה בלתי מבוקרת במים - פוחתת.

מטרות המחקר העיקריות היו אלה:

לבדוק בניסוי מבוקר בקרב אוכלוסיית הסיכון לאוסטאופורוזיס את **מועילותם** (efficiency) של תרגילי מים מעמיסי-עצם בעצירת תהליך איבוד מסת העצם, לעומת מועילותה של פעילות מעמיסת עצם בעלת אפקט דומה, המבוצעת על פני הקרקע.

המחקר הזה, שהוא ניסוי קליני מבוקר, הינו המחקר הראשון הבודק את **התרגול במים כפעילות מעמיסת עצם**. בעזרת שתי תכניות פעילות שונות האחת במים והשנייה באולם, **נבדקה ההשפעה של פעילות מעמיסת-עצם על צפיפות העצם**. נשים מתנדבות בגיל המעבר (menopausal age) חולקו אקראית וזווגו לקבוצות על פי המשתנים: גיל המעבר (menopausal age), צריכה או אי-צריכה של אסטרוגן (estrogen), ורמת צפיפות העצם ההתחלתית. כל קבוצה כללה 32 נשים בתחילת המחקר ו-25 נשים בסופו. שני סוגי הפעילות בוצעו 3 פעמים בשבוע, 45 דקות בכל פעם, במשך 5 חודשים.

צפיפות העצם נמדדה אצל כל אחת מן הנשים בחלק הדיסטלי של עצם הרדיוס ביד הלא דומיננטית, על ידי שימוש בשיטת פיזור קומפטון. המדידה בוצעה פעמיים באותו מקום בעצם, לפני ההתערבות ואחריה. מבחן t למדגמים מזווגים ומבחן וילקוקסון (Wilcoxon), שימשו לניתוח התוצאות.

- Leichter, I., Bivas, A., Givon, A., Margulies, J.Y. & Weinreb, A. (1987). The relative significance of trabecular and cortical bone density as a diagnostic index for osteoporosis. *Physics in Medicine and Biology*, 32 (9) 1167-1174.
- Lindsay, R., Hart, D.M., Forrest, C. & Baird, C. (1980). Prevention of spinal osteoporosis in oophorectomised women. *Lancet*, 2, 1151-1154.
- Mazess, B.L. (1982). On aging bone loss. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 165, 239-252.
- Nilsson, B.E. & Westlin, N. (1971). Bone density in athletes. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 77, 177-182.
- Orwoll, E.S. (1987). The effect of swimming exercise on bone mineral content. *Clinical Research*, 35 (1), 194A.
- Peck, W., Riggs, B.L. & Bell, N.H. (1987). *Physician's Resource Manual on Osteoporosis*. England: Media.
- Riggs, B.L., Wahner, H.W., Melton, L.J., Richelson, L.S., Judd, H.L. & Offord, K.P. (1986). Rates of bone loss in the appendicular and axial skeletons of women. *Journal of Clinical Investigation*, 77 (5) 1487-1491.
- Rikli, R.E. & McManis, R.G. (1990). Effects of exercise on mineral content in postmenopausal women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 61 (3) 243-249.
- Risser, W.L., Lee, E.J., LeBlance, A., Poindexter, H.B., Risser, J.M. & Schnieder, V. (1990). Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 22 (5), 570-574.
- Rundegren, A., Aniansson, A., Ljungberg, P. & Wetterquist, H. (1984). Effects of training programme for elderly people on mineral content of the heel bone. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 3, 243-248.
- Simkin, A., Leichter, I. & Samueloff, S. (1989). Effect of swimming activity on bone architecture in growing rats. *Journal of Biomechanics*, 22 (8/9), 845-851.
- Simkin, A. & Ayalon, J. (1990). *Bone Loading*. London: Prion.
- Smith, E.L., Smith, P.E., Ensign, C.J. & Shea, M.M. (1984). Bone involution decrease in exercising middle-aged women. *Calcified Tissue International*, 36 (1), 129-138.

רשימת המקורות

- לייכטר, י., שטיינברג, ר., וקסמן, ר., מנצל, י. (1990). אבחון של אוסטאופורוזיס, גרונטולוגיה, 94-50.
- Ayalon, J., Simkin, A., Leichter, I. & Raifmann, S. (1987). Dynamic bone loading exercises for postmenopausal women: Effects on density of the distal radius. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68, 280-283.
- Beverly, M.C., Rider, T.A., Evans, M.J. & Smith, R. (1989). Local bone mineral reponse to brief exercise that stresses the skeleton. *British Journal of Medical Education*: 299, 233-235.
- Dalsky, G., Stocke, K.S., Ehsani, A.A., Slatopolsky, E., Lee, W.C. & Birge S. J. (1988). Weight bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Annals of Internal Medicine*, 108, 824-828.
- Dalsky, G. (1990). Effect of exercise on bone: Permissive influence of estrogen and calcium. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(3), 281-285.
- Davis, B.C. & Harrison, R.A. (1988). *Hydrotherapy in practice*. Canada: Churchill Livingstone.
- Gutin, B. & Kasper, M.J. (1992). Can vigorous exercise play a role in osteoporosis prevention? *Osteoporosis International*, 2 (2), 55-69.
- Hazan, G., Leichter, I., Loewinger, E. & Weinberg, A. (1977). The early detection of osteoporosis by Compton Gamma Ray Spectroscopy. *Physics in Medicine and Biology*, 22(6), 1073-1084.
- Krolner, B., Toft, B., Pors-Nielsen, S. & Tondevold, E. (1983). Physical exercise as prophylaxis against involutional vertebral bone loss: A controlled trial. *Clinical Science*, 64, (5) 541-546.
- Lanyon, L.E. (1987). Functional strain in bone tissue as an objective and controlling stimulus for adaptive bone remodelling. *Journal of Biomechanics*, 20, 1083-1093.
- Leichter, I., Weinreb, A. & Hazan, G. (1980). The effective attenuation coefficient of soft tissue in the presence of Compton scattering from bone. Experiments on models. *Physics in Medicine and Biology* 25 (4) 711-717.

- Smith, E.L. (1988). Bone concerns. In: M. Shangold, G. Mirkin (Eds.), **women and exercise: Physiology and sport medicine**. Philadelphia: Davis Company.
- Swissa-Sivan, A., Simkin, A., Leichter, I., Nyska, A., Nyska, M., Statter, M., Bivas, A., Menczel, J. & Samueloff, S. (1989). Effect of swimming on bone growth and development in young rats. **Bone and Mineral**, 7(2), 91-105.
- Swissa-Sivan, A., Azoury, R., Statter, M., Leichter, I., Nyska, A., Nyska, M., Menczel, J. & Samueloff, S. (1990). The effect of swimming on bone modeling and composition in young adult rats. **Calcified Tissue International**, 47(3), 173-177.
- Swissa-Sivan, A., Statter, M., Brooks, G.A., Azevedo, J., Viguie, C., Azoury, R., Greenfield, C., Oman, S., Leichter, I. & Zinker, B.A. (1992). Effect of swimming on prednisolone-induced osteoporosis in elderly rats. **Journal of Bone and Mineral Research**, 7 (2),161-169.