

# **נעליים ומדרסים עם הגבהה (טריז) לטרלית כטיפול ב-Osteoarthritis במדור המדיאלי של הברך והערכת השפעתם על שיווי המשקל בברך**

## **עבודה סמינריונית**

מוגשת בידי : איה אקשטיין

במסגרת סמינריון בחינוך גופני- איתור גורמי סיכון לפציעות  
בקרב ספורטאים

מנחה : ד"ר נילי שטינברג

יולי 2010

אב תש"ע

**המכללה לחינוך גופני ולספורט ע"ש זינמן במכון וינגייט**

# נעליים ומדרסים עם הגבהה (טריז) לטרלית כטיפול ב- Osteoarthritis במדור המדיאלי של הברך והערכת השפעתם על שיווי המשקל בברך

## תקציר

**רקע כללי:** Osteoarthritis (OA) של המדור המדיאלי של הברך היא מחלה שכיחה בקרב מבוגרים, היכולה לגרום למוגבלות משמעותית בתפקוד. נראה כי עומסים ביומכניים גבוהים על המדור המדיאלי אחראים בין היתר על פגיעה זו. ארגון מחדש של העומסים באמצעות מדרסים עם הגבהה (טריז) לטרלי או נעליים בולמות זעזועים עם מדרסים נמצאו במחקרים רבים כיעילים בטיפול ב-OA מתון של הברך, אך ישנם גם מחקרים שלא מצאו אמצעים אלו כמשפרים כאב או תפקוד בקרב חולים הלוקים ב-OA.

**מטרת המחקר:** מטרת מחקר זה היא לבדוק האם לנעליים ולמדרסים עם הגבהה (טריז) לטרלית יש השפעה על הכאב, התפקוד הפונקציונאלי וגודל המרווח המפרקי ה-tibio-femora I המדיאלי, והן על התפקוד הפרופריוספטיבי של הברך הלוקה, בקרב פציינטים הלוקים ב-OA במדור המדיאלי של הברך.

**שיטות המחקר:** במחקר השתתפו כ-2 נבדקים, גבר ואשה, בגילאים 84 ו-61 הלוקים ב-OA של המדור המדיאלי בשתי הברכיים, בדרגה 3 ומעלה על פי סולם Kellgren-Lawrence. נבדקים אלו נעלו נעלי נעלי הליכה מיוחדות (אורטופדיות), שהוכנו על ידי "ברק אורטופדיה" חולון, עם הגבהה (טריז) לטרלי בסוליה או ללא טריז, שלתוכן הוכנס מדרס עם הגבהה (טריז) לטרלית, למשך 4 שבועות. ב-baseline, ולאחר 4 שבועות נמדדו והשוו: א. גודל המרווח המפרקי (tibio-femoral) המדיאלי. ב. רמת הכאב, נוקשות המפרק והתפקוד הפונקציונאלי, שהוערכו על פי שאלון WOMAC. ג. התפקוד הפרופריוספטיבי (שיווי משקל), אשר הוערך על פי סדרת מבדקים למדידת שיווי משקל סטטי-CTSIB.

**תוצאות:** א. גודל המרווח המפרקי (tibio-femoral): לא נצפה שינוי מבני כלל בברכיהם של שני הנבדקים. גודל המרווח המפרקי המדיאלי נשאר זהה. ב. שאלון WOMAC: שני הנבדקים דיווחו על שיפור בתת סולמות WOMAC: הן מבחינת רמת הכאב והן מבחינת התפקוד הפונקציונאלי. ציוני WOMAC הכולל השתפרו בקרב שני הנבדקים. ג. סדרת מבדקים למדידת שיווי משקל סטטי CTSIB: לא נמצא שינוי הן כמותי והן איכותי.

**מסקנות:** נעליים אורטופדיות עם או ללא הגבהה לטרלית בסוליה יחד עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית הם ככל הנראה טיפול שמרני יעיל ל-OA מדיאלי של הברכיים.

## תוכן העניינים

	מבוא	1.0
	השערות המחקר	2.0
	שיטות וחומרים	3.0
	האוכלוסיה הנחקרת	3.1
	הליך המחקר	3.2
	המדרסים והנעליים	3.2.1
	סולם Kellgren- Lawrence (1955,1952) להערכת דרגת OA על פי צילום רנטגן	3.2.2
	שאלון Western Ontario and McMaster Universities (1982) (WOMAC) להערכת כאב ותפקוד של חולי OA	3.2.3
	המרווח בין עצם ה-femur לעצם ה-tibia (JSW - Joint Space Width)	3.2.4
	מדידות אנתרופומטריות	3.2.5
	סדרת מבדקי שדה למדידת שיווי משקל סטטי על פי The Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) (Shumway-Cook and Horak,1986).	3.2.6
	תוצאות	4.0
	המרווח בין עצם ה-femur לעצם ה-tibia (JSW - Joint Space Width)	4.1
	שאלון Western Ontario and McMaster Universities (1982) (WOMAC) להערכת כאב ותפקוד של חולי OA	4.2
	סדרת מבדקי שדה למדידת שיווי משקל סטטי על פי The Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) (Shumway-Cook and Horak, 1986)	4.3
	מדידות אנתרופומטריות	4.4
	סבילות למדרסים ולנעליים	4.5
	נטילת תרופות	4.6
	דיון	5.0
	מסקנות	6.0
	תודות	
	ביבליוגרפיה	7.0
	נספחים	

## 1.0 מבוא

Osteoarthritis (OA) היא מחלה ניוונית הפוגעת בדרך כלל במפרקים נושאי משקל הגוף ( weight bearing), כמו מפרק הברך והירך. OA של הברך שכיחה בקרב מבוגרים, והיא עשויה לגרום לפגיעה בתפקוד הפונקציונאלי בשל כאב, נוקשות ואיבוד טווח התנועה במפרק. מחלה זו אינה כרוכה רק בסבל של החולה, אלא היא גם נטל סוציו-אקונומי גדול. בחברה המערבית היקף האוכלוסייה הבוגרת גדל משנה לשנה, ולכן ה-OA הינה בעיה בריאותית משמעותית עולמית (Jackson et al. 2004). ישנה הערכה שכ- 9% מהגברים ו- 18% מהנשים בגיל 65 ומעלה סובלים מ-OA של הברך (Davis et al. 1991). ידוע כיום כי לגורם הגנטי יש תפקיד מכריע בהתפתחות המחלה (Cicutini et al. 1996). גורמי סיכון נוספים הם עודף משקל, פעילות גופנית ועיסוק. OA נמצאת בשכיחות גבוהה בקרב מבוגרים בעלי עודף משקל. לילדים ולמבוגרים יושבנים יש נפח סחוס בברך קטן יותר מאשר בני גילם הפעילים גופנית, ובאופן תאורטי הם נמצאים בסיכון גדול יותר לפתח OA (Jones et al. 2000). OA בדרך כלל פוגעת במדור המדיאלי של מפרק הברך ה-tibiofemoral (Kerrigan et al. 2002). המעורבות של המדור המדיאלי של הברך בפגיעה זו שכיחה פי 10 מאשר במדור הלטראלי (Ahlback S, 1968). למרות שהפתוגנזה של OA של הברך עדיין לא ברורה לגמרי, נראה כי הגורמים המשמעותיים הם נוכחותם של עומסים ביומכניים המשפיעים על הסחוס המפרקי והעצם תחת הסחוס (Sharma, Baliunas et al. 2002, et al. 2003). אחת הסיבות מדוע בדרך כלל נפגע המדור המדיאלי היא שבמהלך שלב ה-midstance של ההליכה, בערך כ- 80%-60% מהעומס נמצא על המדור המדיאלי של הברך התקינה (Johnson et al. 1980). שינויים במערך הגפה התחתונה יכולים לגרום לחלוקה מחדש של העומסים במפרק הברך, ולגרום לשינויים במומנטים של המפרק (Jackson et al. 2004). דפורמציית varus ( רגלי "O") עשויה לקרות ב-OA של המדור המדיאלי, ולסייע בכך להחמרת המצב על ידי העלאת העומס על המדור ה-tibiofemoral המדיאלי (Sharma et al. 2000). עומסי דחיסה לאורך זמן על המדור המדיאלי של הברך גורמים להרס של הסחוס המפרקי ולהתעבות העצם מתחת לסחוס באזור זה, וכתוצאה מכך המרווח המפרקי בצד המדיאלי הולך ונעשה צר יותר, מה שמחמיר את דפורמציית ה-varus, וכך נוצר מעגל רשע של החמרה במצב (Maquet, 1984, p. 75-84).

מעבר לשינויים המכניים, ישנם גם שינויים עצביים - שריריים סביב מפרק הברך (Felson 1995, Sharma 1997). חולי OA של הברך מדווחים על כאבים וקושי בביצוע פעולות פונקציונליות כמו: ישיבה ממושכת, עלייה וירידה במדרגות, הליכה, שפיפה (squatting), כריעת ברך, קימה מכסא ויציאה ממכונית (Davis 1991, Lawrence 1989).

פרופריוספציית מפרק הברך, שיווי המשקל הדינמי והכח המקסימלי של שריר ה- Quadriceps יורדים עם הגיל, ואפילו יותר בקרב חולים ב-OA (Davis 1991, Lephart 1997, Jones 2000). מידע פרופריוספטיבי מופק מחיישנים אפרנטיים (afferent) בשרירים, רצועות, קפסולת המפרק, המניסקוסים והעור לרפלקסים ארתרוקינמטיים ושריריים, שלהם תפקיד חשוב ביציבות מפרק הברך (Sharma 1997, Lephart 1997, Jones 2000). מחקרים הראו כי השיבוש של הרכיב האפרנטי של הרפלקסים העצביים - שריריים המגינים על המפרק יכול להוביל לפיזור עומסים לא תקין על המשטח המפרקי, החוזר על עצמו ומחמיר, מה שקורה ב-OA. לחלופין, יתכן והתהליך האוסטאוארטריטי הפתולוגי מפריע לתפקוד התקין של הקפסולה, הרצועות והמכנורצפטורים של השריר או הגיד ובכך גורם לירידה בפרופריוספציית הברך (Barret, 1991, Barrack 1983). האפשרות שהחלשות הפרופריוספטיבית היא גורם פתוגני ב-OA של הברך היא נושא קליני חשוב, כי אם השערה זו נכונה, לטיפול בירידה הפרופריוספטיבית יהיה אפקט חשוב (Mohammadi et al. 2008). שיווי המשקל נשלט על ידי קלט סנסורי מהמערכת הוסיטבולרית, מערכת הראיה ומהמערכת הסומטו-סנסורית (המערכת הפרופריוספטיבית). עיבוד המידע מתבצע במערכת העצבים המרכזית, ומערכת השרירים מגיבה באופן אקטיבי, כל זאת על מנת לשמור על מרכז הכובד של הגוף בתוך בסיס התמיכה (Lephart 1997, Jones 2000). ירידה בשיווי המשקל הדינמי בקרב לוקים ב-OA נראתה במספר מחקרים (Mohammadi et al. 2008, Wegner et al. 1997). הירידה הפרופריוספטיבית והחלשות בשרירים בגפה התחתונה הקשורים ב-OA משוערים כגורמים לשיווי משקל ירוד (Fisher et al. 1997, Hurley et al. 1997). הטיפול הנוכחי במחלה מכוון למזעור הכאב, שימור/שיפור תנועתיות המפרק והפחתה בפגיעה הפונקציונאלית (Fang et al. 2006). לחולים עם OA מתקדמת, התערבויות ניתוחיות כמו high tibial osteotomy (תיקון דפורמצית varus על ידי הזזת משקל הגוף מהמדור הפגוע של הברך) ו-arthoplasty של הברך, לעיתים קרובות הכרחיות (Buckwalter et al. 2001). לעומת זאת, במצבים קלים ובינוניים של OA אמצעים שמרניים הם עדיפים (Barrios et al. 2009). הטיפולים השמרניים כוללים בדרך כלל פיזיותרפיה, חינוך החולים בעלי עודף המשקל לשמירה על משקל תקין, וכן התקנים אורטופדיים שונים הנמצאים בשימוש רב ומומלצים מאוד (Barrios et al. 2000, Pendleton et al. 2009). התערבויות שמשנות את חלוקת העומסים בברך על ידי ארגון מחדש באמצעות תיקון על ידי הנעלה נתמכות לאחרונה. אמצעים אלו משפיעים על הברך בעקיפין, על ידי שינוי מכניקת כף הרגל. (Barrios et al. 2009). מדרסים עם הגבהה (טריז) בחלקם הלטרלי או נעליים בולמות זעזועים עם מדרסים קיבלו תשומת לב רבה בספרות כטיפול שמרני ב-OA מתון של הברך. מטרת המדרסים עם ההגבהה הלטרלית היא להוריד את העומס מהמשטח המפרקי המדיאלי - למעשה "הכרחת" המשטח הלטרלי לקבל את העומס (Pham et al. 2004). ססאקי ויאסודה דיווחו לראשונה על הקלה משמעותית בכאבים בקרב חולי OA של הברך שהשתמשו במדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית (Sasaki and Yasuda, 1987).

הם גם ניסו לחקור את המכניזם של מדרסים עם הגבהה כמפחיתים כאב, והגיעו למסקנה שהערכות מחדש, משופרת, של מפרק הברך מתרחשת בשימוש במדרס עם הגבהה לטרלית של 5 מעלות והעומס על המדור המדיאלי של הברך יורד. במחקרם של פנג ועמיתיה נמצא כי מדרסים עם הגבהה (טריז) לטרלית שהוכנסו לתוך נעלי הליכה בולמות זעזועים הפחיתו את הכאבים, הנוקשות וההדרדרות הפונקציונאלית בקרב חולי OA מדיאלי של הברך. הירידה בכאבים התבטאה בעיקר במהלך עליה וירידה במדרגות (Fang et al.2006). קוקה ועמיתיו דווחו על ירידה משמעותית בכאבים בקרב חולי OA לאחר תקופה של 3 חודשים של שימוש במדרסים עם הגבהה לטרלית, בהשוואה לקבוצת הביקורת שלא נעלה מדרסים (Koca et al.2009). במחקרם של פאם ט. ועמיתיו נמצאה ירידה בצריכה של משככי כאבים לא סטרואידים (NSAID) בקרב חולים עם OA מדיאלי של הברך שנעלו מדרסים בעלי הגבהה לטרלית ב- 2 הרגליים, אבל לא דווחו על שינויים בכאב, נוקשות או תפקוד שנמדדו על ידי מדד WOMAC, וגם לא על שינויים מבניים שנמדדו על ידי שיעור ההיצרות של המרווח המפרקי המדיאלי של הברך (Pham et al. 2004). בריס ועמיתיו דווחו על שיפור דומה בכאבים, במבחן הליכה ובעליה וירידה במדרגות הן בקרב קבוצת התערבות שנעלה נעלי הליכה עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלי והן בקרב קבוצת הביקורת שנעלה נעלי הליכה עם מדרסים נייטרליים, לאחר תקופת התערבות של שנה (Barrios et al. 2009). וולף וברוקמן, וגם טוהיאמה ועמיתיו דווחו על הפחתה בכאבים בקרב פציינטים שטופלו על ידי מדרסים בעלי הגבהה לטרלית יחד עם משככי כאבים, לעומת פציינטים שטופלו על ידי משככי כאבים בלבד (Wolfe and Brueckmann 1992, Tohyama et al.1991). טודה וצוקימורה מצאו שלנשים עם OA מדיאלי של הברך שנעלו מדרסים עם הגבהה לטרלית ב- 2 הרגליים יחד עם קשירה אלסטית של מפרק ה- subtalar הייתה ירידה משמעותית בזווית שבין ה- femur ל- tibia וירידה בכאב בברך הפגועה (VAS). שינויים אלו לא נצפו בקבוצת הביקורת שנעלה מדרסים מסורתיים עם הגבהה לטרלית (Toda and Tsukimura 2004). למרות שנערכו מספר מחקרים בנושא זה, היעילות הקלינית של מדרסים עם הגבהה לטרלית עדיין אינם ברורים (Barrios et al.2009). מטרתו של מחקר זה היא להעריך את ההשפעה לטווח הקצר של נעליים אורטופדיות עם או ללא הגבהה לטרלית בסוליה יחד עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית הן על מבנה מפרק הברך, הכאב והתפקוד הפונקציונאלי, והן על שיווי המשקל, בקרב לוקי OA במדור המדיאלי של הברך.

## 2.0 השערות המחקר

השערות מחקר זה הן :

- א. נעליים אורטופדיות עם עם או ללא הגבהה לטרלית בסוליה יחד עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית בסוליה לא ישפיעו על מבנה מפרק הברך.
- ב. נעליים אורטופדיות עם עם או ללא הגבהה לטרלית בסוליה יחד עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית בסוליה ישפיעו לטובה על הכאב והתפקוד הפונקיונאלי.
- ג. נעליים אורטופדיות עם עם או ללא הגבהה לטרלית בסוליה יחד עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית בסוליה ישפרו את יכולת שיווי המשקל.  
כל זאת בקרב לוקי OA של המדור המדיאלי של הברך.

## 3.0 שיטות וחומרים

### 3.1 האוכלוסייה הנחקרת

במחקר זה השתתפו כ-2 מטופלים – אשה וגבר, בגילאים 61 ו-84 שאובחנו על ידי אורטופד כלוקים בדלקת מפרקים ניוונית (Osteoarthritis-OA) במדור המדיאלי של מפרק הברך, בין עצם Femur לעצם ה-Tibia. לנבדקת אובחן OA בילטרלי בברך שמאל בדרגה 4 ובברך ימין בדרגה 3 על פי סולם Kellgren - Lawrence (Kellgren and Lawrence, 1952, 1955) המשמש להערכת דרגת החומרה של OA על פי צילום רנטגן, ונמצא בשימוש במחקרים נוספים בנושא. כל הנבדקים סבלו מכאבים בצד המדיאלי של הברך ברוב הימים בחודש האחרון. שני הנבדקים סבלו מ-OA בילטרלי.

### 3.2 הליך המחקר

ב-baseline, הנבדקים הגיעו אל האורטופד לקבלת הערכת מצב. על פי צילום רנטגן עדכני, התבצעה הערכה של דרגת חומרת המחלה (Kellgren Lawrence) וכן התבצעה מדידה של המרווח המפרקי בצד המדיאלי, בין עצם ה-Femur לעצם ה-Tibia. צילום הרנטגן התבצע כשהנבדקים היו יחפים, בעמידה, ממבט anterior - posterior. הרופא ביצע בנוסף גם מדידות אנתרופומטריות, כמו: גובה, משקל, טווח תנועת flexion של הברכיים, מבנה ברכיים. הנבדקים נשלחו על ידי האורטופד למכון "ברק אורטופדיה" חולון לשם קבלת מדרסים מותאמים אישית עם הגבהה (טריז) לטרלית. אחד הנבדקים קיבל גם נעלי הליכה עם הגבהה בצד הטרללי של הסוליה, ונבדק שני קיבל נעליים אורטופדיות ללא הגבהה לטרלית בסוליה. במקביל, התבצע ב-baseline תשאול לכל נבדק לגבי אורח חיים, הרגלי פעילות גופנית, נטילת תרופות או זריקות בחודש האחרון, שימוש באביזרים אורטופדים אחרים בעבר והיסטוריה של המחלה. הנבדקים נתבקשו לענות על שאלון ההערכה לכאב ותפקוד בקרב לוקים ב-OA של Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC). זהו שאלון תקף, ספציפי למחלה זו, שבאופן נפרד מתייחס לכאב במפרק, נוקשות והגבלה בתפקוד הפיזי. (McConnell et al.2001). התבצעו על ידי החוקר מדידות אנתרופומטריות נוספות: מבנה ברכיים ואורך רגליים. בוצעה סדרת מבדקי שדה למדידת שיווי משקל סטטי על פי The Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB), (modified) שפותחו על ידי שמוואי-קוק והוראק (Shumway-Cook and Horak, 1986). הנבדקים התבקשו ללכת עם הנעליים והמדרסים שהוכנו עבורם כמה שיותר במהלך היום, לאחר תקופה של הסתגלות של מספר ימים, וכן להמשיך ליטול את התרופות אליהן הם רגילים. תקופת ההתערבות הייתה כ-4 שבועות.



לאחר כ-4 שבועות, בוצעה הערכה נוספת הן על ידי האורטופד והן על ידי החוקר. הנבדקים נשלחו לבצע צילום רנטגן נוסף ממבט anterior-posterior, בעמידה, הפעם כשהם נועלים את הנעליים עם המדרסים במהלך הצילום. האורטופד סקר שוב את צילומי הרנטגן ומדד את גודל המרווח המפרקי המדיאלי. הנבדקים תושאלו על ידי החוקר לגבי הסבילות למדרסים ולנעליים, כמה השתמשו במדרסים ונעליים, ונטילת תרופות או זריקות בתקופת ההתערבות. הנבדקים נתבקשו לענות שוב על שאלון WOMAC, וכן בוצעה שוב סדרת מבדקי השדה למדידת שיווי משקל סטטי (CTSIB). תוצאות הפרמטרים השונים שנבדקו ב-baseline הושוו לתוצאות לאחר תקופת ההתערבות.

### 3.2.1 המדרסים והנעליים

לנבדקים הותאמו מדרסים אישית. הוכנו מדרסים עבור שתי הרגליים עם הגבהה לטרלית קשיחה באזור העקב, בגובה של עד 1 ס"מ. החומר הקשיח עמיד בפני שינוי צורה הנובע מדחיסה. המדרסים הוכנסו לנעלי הליכה אורטופדיות עם או ללא הגבהה בגובה עד 1 ס"מ שהורכבה בצד הלטרלי של הסוליה.



### 3.2.2 סולם Kellgren - Lawrence (1955,1952) להערכת דרגת OA על פי

#### צילום רנטגן

סולם Kellgren-Lawrence נמצא בשימוש רב בקליניקה על מנת לקבל החלטות טיפוליות. זהו סולם מדורג שבאמצעותו ניתן להעריך את חומרת ה-OA של הברך בהסתמך על צילום רנטגן. סולם קטגורי זה משלב מאפיינים חשובים של מחלת ה-OA שניתן לראות בצילום רנטגן (הצרות של המרווח המפרקי והתפתחות אוסטאופיטים) יחד. (Kellgren and Lawrence, 1957). על פי

קלגרן ולורנס (Kellgren and Lawrence) על מנת להבטיח שתהיה אחידות בדירוג במחקרים ובטיפולים, הדירוג צריך להיות על ידי אותו רופא או מטפל, ורצוי בפעם אחת.

המאפיינים הרדיולוגיים הבאים נחשבים כעדות להמצאות Osteoarthritis :

- א. היווצרות אוסטאופיטים (Osteophytes) בקצות המפרק, או במקרה של מפרק הברך, בקצות עצם ה-tibia.
- ב. עצמים Periarticular ; בדרך כלל מופיעים ב-Phalanges.
- ג. הסחוס המפרקי וטרשת (Sclerosis) של העצם התת-סחוסית (Subchondreal bone)
- ד. Small pseudocystic areas עם דפנות טרשתיים הממוקמים בדרך כלל בעצם התת-סחוסית
- ה. שינוי צורת קצות העצם, בייחוד בראש ה-femur.

קלגרן ולורנס (Kellgren and Lawrence, 1957) דרגו את ה-OA לחמש דרגות חומרה :

(0) אין כלל

(1) ספק

(2) מינימלי

(3) מתון, בינוני

(4) חמור

הערכת OA של הברך מתבצעת על פי צילום רנטגן של הנבדק בעמידה ממבט anterior-posterior (Kellgren and Lawrence, 1957).

### 3.2.3 שאלון <sup>o</sup> Western Ontario and McMaster Universities (1982)

#### (WOMAC) להערכת כאב ותפקוד של חולי OA.

השאלון הועבר לנבדקים בהקראה על ידי החוקר. השאלון נלקח מאתר ה-FDA (www.fda.gov) ותורגם לעברית. ראה נספח.

### 3.2.4 המרווח בין עצם ה-femur לעצם ה-tibia (JSW-Joint Space Width).

מרווח זה נמדד בין נקודה על קצה ה-Medial Condyle of Femur לבין נקודה מתחתיה, על קצה ה-Medial Tibial Plateaux. המדידה התבצעה באמצעות סרגל מילימטרי של תוכנת מחשב לפענוח תצלומי רנטגן. המדידה התבצעה בין אותן נקודות לפני ובסיום תקופת ההתערבות.

### 3.2.5 מדידות אנתרופומטריות

#### 3.2.5.1 אורך רגליים

אורך הרגליים נמדד באופן הבא: הנבדק שוכב על הגב. הבודק מוודא שה- anterior superior iliac spine (ASIS) נמצא במישור הפרונטלי. הבודק מודד באמצעות סרט מדידה את המרחק בין ה- ASIS למרכז ה- medial malleolus של אותו צד. לאחר מכן נמדד גם הצד השני באותו אופן ונערכת השוואה (Valmassy 1996). אורך הרגליים נמדד על ידי החוקר.

#### 3.2.5.2 מבנה ברכיים

מיקום הברכיים במישור הפרונטלי נקבע באופן הבא: הנבדק שוכב על הגב. האגן ממוקם במישור הפרונטלי. הבודק אוזח בקרסולי הנבדק, ומקרבם אחד כלפי השני. באם הברכיים נפגשות אחת בשניה כשכפות הרגליים עדיין אינן צמודות אחת לשניה, סביר להניח שקיימת דפורמציות valgus (genu valgum).

באם כפות הרגליים נפגשות אחת בשניה לפני שהברכיים צמודות אחת לשניה, סביר להניח שקיימת דפורמציות varus (genu varum). (Valmassy 1996). מבנה הברכיים אובחן הן על ידי האורטופד והן על ידי החוקר.

### 3.2.6 סדרת מבדקי שדה למדידת שיווי משקל סטטי על פי The Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) (Shumway – Cook and Horak, 1986)

ב-baseline ביצעו הנבדקים את המבדקים עם נעלי ההליכה הרגילות שלהם, ולאחר תקופת ההתערבות ביצעו את המבדק עם נעלי ההליכה והמדרסים שקבלו. המבדקים התבצעו על רצפה ביתית נקייה מעצמים וישרה, באופן הבא: כל מבדק כלל עמדות מוצא שונה: 1. עמידה ברגליים צמודות 2. עמידת עקב - בהונות (בהונות רגל אחת נמצאות מאחורי עקב הרגל השניה, פעם ימין קדמית ופעם שמאל קדמית) 3. עמידה על רגל אחת. על הנבדקים היה לנסות ולעמוד בכל אחת מעמדות המוצא למשך 30 שניות לפחות, בשתי קומבינציות של תנאי ראייה - פעם בעיניים פקוחות ופעם בעיניים עצומות. מידת התנדנדות הגוף קודדה מספרית על ידי הבודק בכל אחת מהקומבינציות: 1 = התנדנדות מינימלית. 2 = התנדנדות קלה. 3 = התנדנדות בינונית. 4 = נפילה. נמדד גם הזמן שבו הצליח כל נבדק לעמוד בתנוחה (בשינוי מיקום כף רגל אחת או שתיהן, או בהשענות על חפץ כלשהו לשם תמיכה נעצר הסטופר).

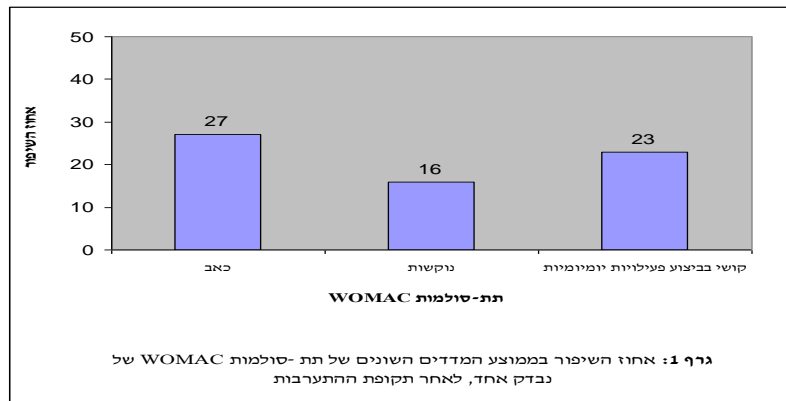
## 4.0 תוצאות

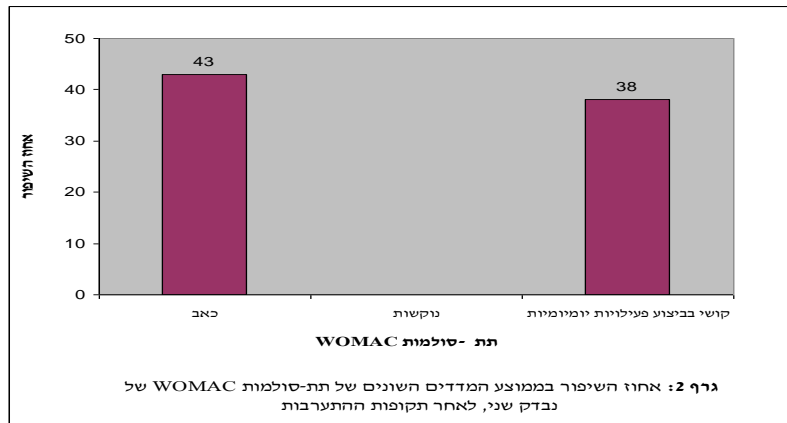
### 4.1 המרווח המדיאלי בין עצם ה- femur לעצם ה- tibia ( JSW-Joint Space Width).

בקרב שני הנבדקים, בשתי הברכיים, לא נצפה שינוי מבני כלל. כלומר, גודל המרווח המפרקי ה- tibiofemoral המדיאלי נשאר זהה.

### 4.2 שאלון 'Western Ontario and McMaster Universities (1982) (WOMAC) להערכת כאב ותפקוד של חולי OA.

בקרב נבדק אחד, דווח על שיפור של 27% בממוצע מדדי הכאב לפני ואחרי ההתערבות. לגבי נוקשות המפרק, דווח על שיפור של כ- 16% בממוצע מדדי הנוקשות לפני ואחרי ההתערבות. לגבי הקושי בביצוע פעילויות יום יומיות דווח על שיפור של כ- 23% לפני ואחרי ההתערבות. בציוני WOMAC הכולל דווח על שיפור של כ-22%. ראה גרף מס' 1. בקרב הנבדק השני, דווח על שיפור של 43% בממוצע מדדי הכאב לפני ואחרי ההתערבות. לגבי נוקשות המפרק, לא דווח על שינוי כלל. לגבי הקושי בביצוע פעילויות יום יומיות דווח על שיפור של כ-38% לפני ואחרי ההתערבות. בציוני WOMAC הכולל דווח על שיפור של כ-27%. ראה גרף מס' 2.





### 4.3 סדרת מבדקי שדה למדידת שיווי משקל סטטי על פי The Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) (Shumway – Cook and Horak, 1986) (modified)

בקרוב שני הנבדקים, לא חל שינוי הן איכותי (מידת התנדנדות הגוף) והן כמותי (זמן) בסדרת המבדקים. אחד הנבדקים כלל לא הצליח לבצע את רוב המבדקים עקב פחד מפני ערעור שיווי המשקל.

### 4.4 מדידות אנתרופומטריות

#### 4.4.1 אורך רגליים

אורך רגל שמאל לעומת רגל ימין נמצא זהה בקרב כל אחד מהנבדקים.

#### 4.4.2 מבנה ברכיים

לשני הנבדקים אובחן מבנה varus של הברכיים.

### 4.5 סבילות למדרסים ולנעליים

שני הנבדקים נעלו את הנעליים והמדרסים בממוצע 2-5 שעות ביום. חשוב לציין שעקב אורח חייהם היושבני הזמן הממוצע לפעילויות הנושאות את משקל הגוף היה כשעה ביום סך הכל. שני הנבדקים דיווחו על סבילות גבוהה למדרסים לאחר תקופת הסתגלות שנמשכה מספר ימים. נבדק אחד דיווח על כך שלא יכל לנעול את הנעליים המיוחדות למשך יותר ממספר שעות עקב תחושת חום מופרזת שהרגיש בעת נעילת הנעליים.

### 4.6 נטילת תרופות

שני הנבדקים לא דיווחו על שינוי בנטילת התרופות לפני ואחרי ההתערבות. אחד הנבדקים נטל במהלך ההתערבות תרופות לטיפול בסימפטומים (diatrim) כפי שהיה רגיל וכן קיבל זריקת Arthrase (חומצה היאלורונית) לתוך חלל המפרק מספר ימים לפני תחילת ההתערבות. הנחקר

השני המשיך ליטול נוגדי דלקת NSAID כפי שהיה רגיל ב-5 השנים האחרונות. שני הנבדקים לא קיבלו זריקות נוספות במהלך תקופת ההתערבות.

## 5.0 דיון

תוצאות מחקר פיילוט קצר זה הראו שהנבדקים חוו ירידה מסויימת בכאב ושיפור בתפקוד הפונקציונלי, אך יחד עם זאת לא נצפה כל שינוי מבני במפרק ובסדרת מבדקי שיווי המשקל הסטטי כעבור 4 שבועות של נעילת מדרסים עם הגבהה (טריז) לטרלית בתוך נעלי הליכה אורטופדיות עם הגבהה לטרלית בסוליה או נעלי הליכה אורטופדיות ללא הגבהה לטרלית בסוליה.

נבדק אחד גילה סבילות גבוהה לנעליים ולמדרסים, ונבדק שני הראה סבילות נמוכה לנעליים אך סבילות גבוהה למדרסים. מחקרים מעטים בלבד בדקו את ההשפעה של מדרסים על מבנה המפרק. פאם ועמיתיו מצאו שלא היו הבדלים בהתקדמות המחלה שהתבטאה בהצרות בשיעור דומה של המרווח המפרקי המדיאלי הן בקרב קב' ההתערבות (מדרס עם הגבהה לטרלית) והן בקרב קב' הביקורת (מדרס נייטרלי) במהלך שנתיים (Pham et al. 2004). על פי מחקרם של יאסודה וססאקי הם שיערו כי האפקט החיובי של המדרס עם ההגבהה הטרלית שנמצא במחקר היה כתוצאה מהפחתת העומס על המשטח המפרקי המדיאלי יחד עם הפחתה בכוחות המתיחה הטרלליים, למרות שהמדרס עם ההגבהה (טריז) נכשל בתיקון הזווית ה- tibiofemoral בקרב לוקי OA מדיאלי של הברך עם דפורמציית varus (Yasuda and Sasaki 1987). במחקר הנוכחי, ייתכן והסיבה לכך שלא נצפה שיפור מבני היא אורכו של הטיפול. ייתכן כי 4 שבועות הם זמן קצר מידי בכדי לראות שינויים מבניים. סיבה נוספת יכולה להיות זמן השימוש במדרסים מידי יום. טודה ועמיתיו המליצו על נעילת מדרסים למשך 5-10 שעות ביום לתיקון valgus של הזווית ה- tibiofemoral (Toda et al. 2005). במחקר הנוכחי הנבדקים נעלו את המדרסים למשך 2-5 שעות בממוצע בכל יום, מתוכן כשעה במצטבר נמצאו בפעילויות הנושאות את משקל הגוף. טודה וצוקימורה ראו שיפור קליני ומבני (ירידה משמעותית בזווית ה- tibiofermoral) בקרב פציינטים שנעלו מדרס עם הגבהה לטרלית יחד עם קשירה על ידי רצועה של מפרק ה- subtalar, בהשוואה לקבוצת הביקורת שנעלה רק מדרס מסורתי, במשך 6 חודשים.

הם הציעו שהתזוזה של ה- talus על ידי המדרס עם ההגבהה הלטרלית אולי מפריעה לתיקון valgus של ה- calcaneus וכן מונעת תיקון tibifemoral (Toda and Tsukimura 2004). ייתכן וזהו אחד הגורמים לחוסר השינוי המבני במחקר הנוכחי. הירידה בזווית במדרסים עם הגבהה לטרלית יחד עם ה- subtalar strapping אולי עוצרת את ההחמרה של הרס הסחוס המפרקי, כלומר תיקון העומסים הלא תקינים על הברך (Mundermann et al. 2005). גורם נוסף לאי השינוי המבני ניתן לייחס לדרגת חומרת המחלה בקרב הנבדקים. בשתי ברכיים של נבדק אחד דרגת החומרה (על פי Kellgren - Lawrence) שאובחנה על ידי הרופא הייתה 3 ו-4 (בינוני וחמור). מספר חוקרים טוענים כי מדרסים עם הגבהה לטרלית מומלצים כטיפול שמרני ב- OA מתון עד בינוני (Barrios et al. 2009, Fang et al. 2006). כאמור, במחקר זה נמצא שיפור משמעותי לטווח הקצר בעיקר במדדי WOMAC של כאב ותפקוד פונקציונלי בקרב הנבדקים. פג ועמיתיה הראו במחקרם בן 4 השבועות שיפור משמעותי בכאב ובתפקוד הפונקציונלי בקרב פצינטיים שנעלו מדרסים עם הגבהה לטרלית בנעליים בולמות זעזועים. הירידה בכאב בפעילות הקשה והמאתגרת ביותר לנבדקים הייתה ירידה ועלייה במדרגות. גם במחקר הנוכחי דווח על ידי הנבדקים על הקלה מסויימת בכאב במהלך עלייה וירידה במדרגות (נוסף להקלה בפעילויות היום יום האחרות). השילוב של מדרס עם הגבהה (טריז) לטרלי ונעליים בולמות זעזועים נראה כאפקטיבי ביותר למשימות הכרוכות בכוחות דוחסים גדולים על הברך, כמו עלייה במדרגות (Luepongsak et al. 2002). במחקר הנוכחי כשנשאלו הנבדקים על פעילות העלייה והירידה במדרגות הם דווחו על כך שהם עולים או יורדים במדרגות על הצד. על פי סלסיש ועמיתיו, זו אסטרטגיה קומפנסטיבית שנצפית כשכיחה בקרב הסובלים מ- OA של הברך. הם הציעו שאנשים עם כאב patello-femoral הפחיתו את המומנטים הפושטים המרביים של הברך במהלך עלייה במדרגות באמצעות אסטרטגיה זו, ובאמצעותה הורידו את התגובה של כוחות המפרק (Salsich et al. 2001). חולשת שריר ה- Quadriceps תועדה באופן גורף בקרב לוקים ב- OA של הברך (Slemenda et al. 1997). טיפוס במדרגות כרוך בזווית flexion גדולה יחסית בברך, הגורם למומנט גדול יותר של האקסטנסורים בברך (בעבודה אקסצנטרית) בהשוואה להליכה (Nadeau et al. 200). כיווץ אקסצנטרי של שרירי ה- Quadriceps דורש יותר שליטה מוטורית וגם נוטה את הכוחות הדוחסים על מפרק הברך (Sharma et al. 1998). נראה כי העלייה והירידה במדרגות היא הפעילות המאתגרת ביותר את מערכת שרירי הברך (Fang et al. 2006). לעומת זאת, פאם ועמיתיו לא מצאו שינויים במדדי WOMAC בקרב קבוצת התערבות שנעלה מדרסים עם הגבהה לטרלית לעומת קבוצת ביקורת שנעלה מדרסים נייטרלים, במחקר של שנתיים. אבל, קבוצת ההתערבות הפחיתה את צריכת משככי הכאבים (NSAID) ונענתה יותר למדרסים. פאם ועמיתיו הציעו שיש אפקט חיובי כתוצאה מנעילת המדרסים (Pham et al. 2004).

בנוגע לשיווי המשקל, אין עדות בספרות למחקרים שבדקו את השפעתם של מדרסים עם הגבהה לטרלית על שיווי המשקל בקרב חולי OA. המחקר הנוכחי הוא המחקר הראשון שבודק את הקשר בין מדרסים מסוג זה לשיווי משקל בקרב חולי OA.

ייתכן והגורם לכך שלא נמצא שינוי בשיווי המשקל כתוצאה מנעילת המדרסים נובע ממגבלת הזמן-אולי ארבעה שבועות אינם מספיק זמן להתארגנות שונה ושינוי במערך העומסים על הברך וכתוצאה מכך לא נגרם שינוי במערכת הפרופריוספטיבית במפרק.

ייתכן ובמקרים של ברך עם דרגת חומרה גבוהה של OA אין למדרס את היכולת לשפר את הפרופריוספציה כפי שאין לו את היכולת לגרום לשינוי מבני.

תוצאות אלו עומדות בסתירה לדיווחים של הנבדקים לגבי שיפור בתחושת היציבות בזמן פעילויות היומיום של הברך הפגועה. חשוב לציין כי המבדקים שבוצעו הם מבדקי - שדה בלבד, וכדי לאמוד את שיווי המשקל באופן מדויק ומהימן יותר רצוי להשתמש באמצעי מעבדה כגון פלטת כוח וכדומה. מעבר לכך, במחקר הנוכחי נבדק שיווי המשקל הסטטי בלבד ולא ניתנה התייחסות כלל לשיווי המשקל הסטטי. מגבלה נוספת של מחקר זה היא גודלו - שני נבדקים סך הכל, ולכן אינו מייצג. כאמור, מחקר זה בדק את השפעת המדרסים לטווח קצר בלבד - ארבעה שבועות סך הכל. בקרב שני הנבדקים, המחלה הייתה בדרגת חומרה גבוהה. ייתכן ואוכלוסיה זו לא מתאימה למחקר זה. כמו כן, ההערכה במחקר זה הייתה סובייקטיבית כיוון שהחוקר גם בדק את הנבדקים וגם ניתח את הממצאים, ולכן ייתכן ומחקר זה סובל מהטייה.



## **6.0 מסקנות**

נעליים אורטופדיות עם או ללא הגבהה לטרלית בסוליה יחד עם מדרסים בעלי הגבהה (טריז) לטרלית הם ככל הנראה טיפול שמרני יעיל, פשוט וזול יחסית ל-OA מדיאלי של הברכיים. במחקר זה נמצאה הטבה מסויימת הן מבחינת כאב והן מבחינת תפקוד יום-יומי בקרב הלוקים במחלה. בעתיד יש לבדוק את הסוגיה האם אכן טיפול שמרני זה יעיל בעיקר במקרים שבהם דרגת המחלה היא קלה עד בינונית או האם הטיפול עשוי לסייע גם במקרים בדרגת חומרה גבוהה יותר, וכן לחקור יותר לעומק את ההשפעה של טיפול מסוג זה על שיווי המשקל הסטטי ו/או הדינמי.

## **תודות**

ברצונה של החוקרת להודות לד"ר יעקב קוארטלר על עזרתו לאורך הליך המחקר, וליהושע ברק על תרומתו הרבה בהתאמת המדרסים ובהכנתם לנבדקים.

## ביבליוגרפיה 7.0

Jackson BD, Wluka AE, Teichtahl AJ et al. Reviewing knee osteoarthritis-a biomechanical perspective. *J Sci Med Sport* 2004;7:3:347-357

Davis MA ,Ettunger WH, Neuhaus JM , Mallon KP. Knee osteoarthritis and physical functioning: evidence from the NHANES I Epidemiologic Followup study. *J Rheumatol.* 1991;18(4):591-8

Ciccutini FM ,Spector TD. Genetics of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 1996;55(9):665-7

Jones G, Glisson M, Hynes K et al. Sex and site differences in cartilage development: a possible explanation for variations in knee osteoarthritis in later life. *Arthritis Rheum.* 2000;43(11): 2543-9.

Ahlback S. Osteoarthritis of the knee:a radiographic investigation. *Acta Radiol* 1968;277:7-72. (abstract).

Kerrigan DC, Lelas JL, Goggins J et al. Effectiveness of a lateral- wedge in sole on knee varus torque in patients with knee OA. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:889-93

Baliunas AJ ,Hurwitz DE ,Ryals AB, Karrar A, Case JP, Block JA, Andriacchi TP. Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage* 2002;10(7):573-79

Sharma L, Cahue S, Song J, Hayes K, Pai YC, Dunlop DD. Physical functioning over three years in knee osteoarthritis: Role of psychosocial, local mechanical, and neuromuscular factors. *Arthritis Rheum.* 2003;48(12):3359-70.

Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC) Osteoarthritis Index (1982). From U.S. food and drug administration (FDA) Web: [www.fda.gov](http://www.fda.gov)

- Johnson F ,Leitl S, Waugh W. The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements .J Bone Joint Surg Br. 1980;62(3):346-49.
- Sharma L ,Lou C, Cahue S et al. The mechanism of the effect of obesity in knee osteoarthritis. The mediating role of malalignment. Arthritis Rheum. 2000;43(3): 568-575
- Maquet Paul G.J (1984). Biomechanics of the knee: second edition. Berlin: Springer-Verlag.
- Lephart SM, Pincirero DM, Gilardo JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med.1997;25:130-7
- Jones G. Posture.In: Kandel E, Shwartz J, Jessell T (eds). Principles of neural science. 2000;216-310. McGraw-Hill, New York.
- Wegner L, Kisner C, Nicholas D. Static and dynamic balance responses in person with bilateral knee osteoarthritis. J Orthop Sports Phys Ther. 1997;29:213-21.
- Fisher NM, Pendergast DR. Reduced muscle function in patients with osteoarthritis. Scand J Rehabil Med. 1997;29:213-21.
- Hurley MV, Scott DL, Rees J, Newham DJ. Sensori- motor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. Ann Rheum Dis.1997;56:641-8.
- Buckwalter JA , Stanish WD, Rosier RN, Scheneck RC, Dennis DA, Coutts RD. The increasing need for nonoperative treatment of subjects with osteoarthritis. Clin Orthop Relat Res 2001;385:36-45.
- Barrios J.A, Crenshaw J.R, Royer T.D, Davis IS. Walking shoes and laterally wedged orthoses in the clinical management of medial tibiofemoral osteoarthritis: A one-year prospective controlled trial.The Knee.2009;136-142.
- Pendleton A ,Arden N, Dongados M, Doherty M, Banwarth B, Bijlsma J et al. EULAR recommendations for the management of knee osteoarthritis.Report of a task force of the Standing committee for International Clinical Studies Including Therapeutic trials (ESCISIT). Ann Rheum Dis 2000;59:936-944.
- Sasaki T, Yasuda K. Clinical evaluation of the treatment of osteoarthritic knees using a newly designed wedge insole.Clin Orthop 1987;221:181-7.
- Pham T ,Mailefert JF ,Hudry C, Kieffert P,Bourgeois P, Lechevalier D, Dougados M. Laterally elevated wedged insoles in the treatment of medial knee osteoarthritis. A two-year prospective randomized controlled study. Osteoarthritis cartilage.2004;12(1):46-55.

- Wolfe SA, Brueckmann FR. Conservative treatment of genu valgus and varum with medial/ lateral heel wedges. *Indiana Med* 1992;84:614-5.
- Tohyama H, Yasuda K, Kaneda K. Treatment of osteoarthritis of the knee with heel wedges. *Int Orthop* 1991;15:31-3.
- Toda Y, Tsukimura N. A six-month followup of a randomized trial comparing the efficacy of a lateral wedge insole with subtalar strapping and an in-shoe lateral wedge insole in patients with varus deformity osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum.* 2004;50(10):3129-36.
- Berrin Koca, Bengi Oz, Nese Olmez, Asuman Memis. Effect of lateral-wedge shoe insoles on pain and function in patients with knee osteoarthritis. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2009;55:158-62
- Joaquin A. Barrios, Jeremy R. Crenshaw, Todd D. Royer, Irene S. Davis. Walking shoes and laterally wedged orthoses in the clinical management of medial tibiofemoral osteoarthritis: A one-year prospective controlled trial. *The Knee.* 2009;16:136-142.
- Kellgren J.H, Lawrence J.S. Radiological assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum. Dis.* 1957; 16:494-502.
- Valmassy R.L. Clinical biomechanics of the lower extremities. Missouri: Mosby. 1996; p. 133-6,145.
- Shumway-Cook A, Horak F B. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Physical therapy* 1986;66(10):1548-50.
- Pham T, Mailefert JF, Hudry C, Kieffert P, Bourgeois P, Lechevalier D, Dougados M. Laterally elevated wedged insoles in the treatment of medial knee osteoarthritis .A two-year prospective randomized controlled study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2004; 12(1):46-55.
- Yasuda K, Sasaki T. The mechanics of treatment of the osteoarthritic knee with a wedge insole. *Clin Orthop* 1987;215:162-72.
- Toda Y, Tsukimura N, Segal N. An optimal duration of daily wear for an Insole with subtalar strapping in patients with varus deformity osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis Cartilage.* 2005; 13(4):353-60.
- Toda Y, Tsakimura N. A six-month followup of a randomized trial comparing the efficacy of a lateral-wedge insole with subtalar strapping and an in-shoe lateral-wedge insole in patients with varus deformity osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum.* 2004; 50(10):3129-36.
- Mundermann A, Dyrby CO, Andriacchi TP. Secondary gait changes in patients with medial compartment knee osteoarthritis: Increased load at the ankle, knee, and hip during walking. *Arthritis Rheum.* 2005;52(9):2835-44.

Joaquin A.Barrios,Jeremy R.Crenshaw,Todd D.Royer,Irene S.Davis. Walking shoes and laterally wedged orthoses in the clinical management of medial tibiofemoral osteoarthritis: A one-year prospective controlled trial. *The Knee*.2009;16:136-142.

Fang A Meika, Taylor E Connie, Nouvong Aksone, Maish Sulabha, Kao C Kaly, Perell L Karen. Effects of footwear on medial compartment knee osteoarthritis.*JRRD-Journal of Rehabilitation Research & Development*.2006;43:427-434

Luepongsak N, Amin S, Krebs D, McGibbon CE, Felson D. The contribution of type of daily activity to loading across the hip and knee joints in the elderly. *Osteoarthritis Cartilage*. 2002;10(5):353-59.

Salsich GB, Brechter JH, Powers CM. Lower extremity kinetics during stair ambulation in patients with and without patellofemoral pain. *Clin Biomech (Bristol,Avon)*. 2001;16(10):906-12.

Slemenda C, Brandt KD, Heilman DK, Mazzuca S, Braunstein EM, Katz BP, Wollinsky FD. Quadriceps weakness and osteoarthritis of the knee. *Ann Intern Med*. 1997;127(2):97-104.

Nadeau S, McFadyen BJ, Malouin F. Frontal and sagittal plane analyses of the stair climbing task in healthy adults aged over 40 years: What are the challenges compared to level walking? *Clin Biomech (Bristol,Avon)*. 2003;18(10):950-59.

Sharma L, Hurwitz DE, Thonar EJ, Sum JA, Lenz ME, Dunlop DD, Schnitzer TJ, Kirwan-Mellis G, Andriacchi TP. Knee adduction moment, serum hyaluronan level, and disease severity in medial tibiofemoral osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 1998;41(7):1233-40.