

תסמונת האגן הנוטה והרגל הקצרה: הגורמים הפאתו-מכאניים, ההוכחה המתמטית וההשלכות הקליניות והטיפוליות – מחקר שטח כירופרקטי בתחום האורטופדי והשלכותיו על כאב.

ד"ר עופר ברוך, כירופרקט מומחה, היחידה לשיכוך כאב במרכז הרפואי תל אביב, מרפאות פרטיות

רקע:

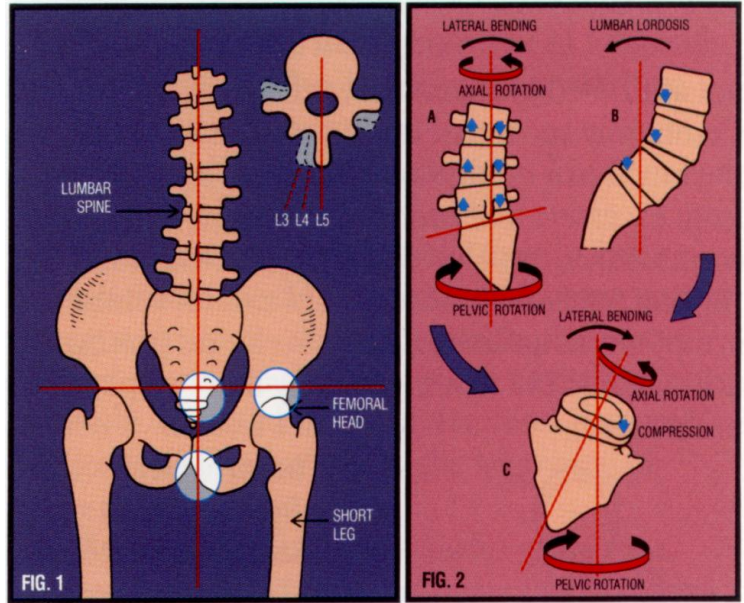
קיימת ספרות מקצועית רפואית וכירופרקטית ענפה הכוללת מחקרים רבים על סנדרומי הרגל הקצרה והשפעותיהם על תסמונות שונות, כאב ויציבה. בחלק נכבד מהמחקרים נמצא קשר סטטיסטי מובהק בין תסמונת זאת אלו לתסמונות כאב בגב התחתון, באגן ובגפיים (5-7, 1-3). הספרות המקצועית מחלקת את תסמונת האגן הנוטה והרגל הקצרה לשתי תתי תסמונות:

- 1) תת-תסמונת הרגל הקצרה האנטומית, הנובעת מליקוי או שינוי מיבני מולד במערכת השלד התחתונה כגון אנומאליה או דיספלאזיה אשר נפוצות מאוד בחוליה L5, הסגמנט הראשון של עצם העצה 15 וכן פרק הירך ומבנה כף הרגל.
- 2) תת-תסמונת הרגל הקצרה המדומה או הקצרה לכאורה אשר נובעת מליקוי התפתחותי נרכש מיציבה לקויה, אי-סימטריה בפעולת שרירי הגפיים, האגן והגב וכן אי-סימטריה בפעולת חיישני התנועה המכאנו-רצפטיים במערכת השלד התחתונה.

מחקר שטח זה מציע חלוקה אבחנתית וקלינית נוספת של תסמונת הרגל הקצרה המדומה לשתי אבחנות משנה קליניות ובהכרח גם תפקודיות:

- א. רגל קצרה מדומה ראשית, בה אובחנו ליקוי יציבה, תנועה או מנח של האגן, עצם העצה והגפה תחתונה בשרשרת תנועה זאת,
- ב. רגל קצרה מדומה שניונית, בה אובחנו שרירי אגן או גפיים לא סימטריים באורכם ובכוחם הפיסיולוגי (Tonus) או אפילו אי סימטריה בשרשרת שרירי השדרה המגיעים עד לצוואר ולגולגולת (4).

תסמונת זאת ואבחנות המשנה הראשונית והשניונית שלה, אשר לא יבדקו ויאובחנו נכונה על ידי הגורם הבודק הראשוני כגון רופא המשפחה, הד"ר לכירופרקטיקה או האורטופד, ישפיעו בהכרח על משך נטיית האגן, הפאתו-מכאניקה במפרקי האגן והחוליות, הלחץ על כריות הדיסק וסבל המטופל וכאביו. הם בוודאי ישפיעו על קביעת דרכי הטיפול אשר שונות במהותן ובהרכבן בין מקצועות הבריאות העוסקים בטיפול בבריאות השלד. מכיוון שהספרות המקצועית והקלינית עוסקת פחות באבחנות הראשוניות והשניוניות של תתי תסמונת הרגל הקצרה מדומה יתמקד מחקר שטח כירופרקטי-אורטופדי זה בתחומים אלו עקב הקשר הביו-מכאני הישיר בין לפגיעות הגב, כריות הדיסק, דלקות פרקי הקרסול, הברך, הירך והאגן.



האגן: אנטומיה, תפקוד ופאתו-מכאניקה

סקירה אנטומית ותפקודית זאת חשובה מאוד לגורם הבודק הראשוני לאבחון והפנייה לטיפול המתאים. תפקידי האנטומיים והתפקודיים של האגן הם לייצב ולפזר את עומסי כוח הכבידה מעמוד השדרה, איברי הגוף והרקמות הרכות במנח זקיפת הגוף על שתי הגפיים, כמו גם לייצב את הגוף ושיווי משקלו על שתי הגפיים וכן להעביר את תנועת הגפיים אל מפרקי חוליות השדרה. תפקידים נוספים הם להכיל, להגן ולתמוך באיברי הגוף הפנימיים ולאפשר את מעבר התינוק בלידה. האגן מורכב משתי עצמות לחי האגן (Iliums) אשר בפני עצמן מחוברות בחיבור גרמי משולש קבוע של זרועות האגן העליונה והתחתונה (Pubic Ramies) ועצם האגן התחתונה (Ischium) היוצרות בחיבורן את שקע מפרק הירך (Acetabulum). חיבור לא תקין במיקומן של שלושת העצמות המרכיבות אותו או שקע מפרק פחוס כאשר צורתו המורפולוגית האמורה להיות שקע חצי עגול וסימטרי מבחינה גנטית או נרכשת בתהליך ההריון עקב לחץ תוך בטני, בתהליך הלידה או בשנות הגדילה הראשונות יגררו התפתחות יציבת אגן לקויה ושחיקה בעשורים המתקדמים בחיים. טווחי התנועה הפונקציונאליים הבריאים למפרק הירך ללא מעורבות מפרקי האגן הם כפיפה לפנים – 120 מעלות, משיכה לאחור – 20 מעלות, סיבוב פנימי/חיצוני – 45 מעלות, הרמה צידית – 60 מעלות והצמדה פנימית – 30 מעלות (9,10). כל המצאות של ירידה בטווח תנועת הירך או הגבלתם, יכולה לגום למתיחת שרירי האגן ומייצבי עמוד השדרה ולגרום לנטיית האגן ותסמונות הרגל הקצרה או תסמונות הגב למיניהם כמו גם לשחיקת מפרק הירך לאורך זמן.

זרועות האגן מיוצבות במפרק נד סחוסי יבש סינ-ארטרו-דיאלי קדמי הידוע בשם Symphysis Pubis המוגבל יחסית בתנועתו. מפרק זה עלול להיפגע ולגרום ליציבה לקויה של האגן ועמוד השדרה במקרי תאונות נפילה על העכוז או מעידה לפנים. אצל נשים, נוטה מפרק זה להיפגע במיוחד במהלך השליש האחרון להריון עקב העומס התוך-בטני והפרשה טבעית של הורמון הרילאקסין על ידי שליית העובר לריכוך רקמות הקולאגן כהכנה לפתיחת האגן בלידה.

מאחור, מיוצב ומחובר האגן עם עצם העצה (Sacrum) ועצם הזנב (Cocix) בשני מפרקים סאקר-איליאתיים נדים סחוסיים רטובים או סיינוביאליים. מפרקים אלו בעלי כושר תנועה רב בשישה כיווני

תנועה: התנועה הרבה ביותר (10-30 מ"מ ואף יותר בספורטאים) נועדה לתמוך בהנעת השלד בהליכה/ריצה והעברת שרשרת התנועה מהגפה התחתונה לעמוד השדרה היא בכפיפה לפנים (Flexion) ובקיעור לאחור (extension). יכולת תנועה בינונית (3-5 מ"מ) קיימת בסיבוב פנימי קדמי של עצם לחי האגן על פני משטח מפרק עצם העצה וכן סיבוב חיצוני לאחור ואילו יכולת התנועה הקטנה ביותר (1-3 מ"מ) קיימת בהחלקת עצמות הלחי למעלה או למטה לאורך עצם העצה. עקב היותם מפרקים רטובים וגמישים יותר בטבעם, נוטים מפרקי הסאקרו-איליאק תפקודית, לצאת מאיזון מבני בכיווני התנועה שנזכרו אם על ידי תאונה או נפילה על צידו האחד של העכוז, אם על ידי מתיחת או משיכת הירך בזמן תנועה או תרגול ספורט או כאשר עומדים ומשעינים משקל גוף רב יותר לצד האחד, מתכופפים לפנים עם רגל אחת לפנים, מסכלים ברכיים או יושבים בצורה נטויה.

התפתחותית, יכול האגן להיות מושפע בגיל הצעיר מהתפתחות לא תקינה של שרשרת התנועה בגפיים התחתונות המתחילה בכפות הרגליים (Pes-Planus, Hall-phus) עקב יציבה לקויה מגיל הילדות או גמישות יתר על רקע משפחתי הגורמים להתפתחות לא תקינה של פרקי הברכיים (Valgus, Varus) והשפעתם על התפתחות זווית ראש הירך עד כדי הגמשת מעטפת הפרק והיווצרות אי-יציבות פרקית או שחיקה מוקדמת או נמק חלקי של ראש הירך עד כדי היווצרות פחיסה עליונה ושחיקת סחוסי המפרק (A-Vascular Necrosis, Dysplasia, Leg-Cuff Pertheis) (11).

גורמים מולדים או אנומאליים גרמיים היכולים להשפיע על התפקוד הביו-מכני של האגן הם חיבור לא סימטרי של חלקי עצם לחי האגן והתפתחות לא תקינה של שקע מפרק הירך (Acetabulums), התפתחות לא תקינה של ראש הירך (Epiphysis), והתפתחות לא תקינה אנטומית של עצמות כף הרגל. אנומאליה ידועה ונפוצה יחסית באוכלוסיה הגורמת ליקווי תפקוד ביו-מכאניים רבים (3-5% באוכלוסיה) קיימת בחוליה בגב התחתון, לרוב ב 5L וידועה בלטינית כתופעת סאקראליזציה או טרופיזם גרמי היכולות להופיע דו-צדדית או חד צדדית (11).

לבד מהאספקט האנטומי והתפקודי הביו-מכאני הגרמי, לרקמות החיבור של הפרקים ורקמות השרירים התומכים והמניעים את האגן, הגוף והגפיים התחתונות יש השפעה מכרעת על יציבת האגן והגפיים התחתונות. יציבת האגן העליונה נעזרת בתמיכה פאסיבית של גידי הIlio-Lumbar המחברים בין זרועות החוליה המותנית 5L ועצמות לחי האגן וכן ברקמות החיבור המייצבות הרכות Thoraco-Lumbar Fascia המייצבות את קו הצלעות התחתון עם עצמות לחי האגן.

יציבת האגן העליונה הדינאמית או שרירית נשלטת על ידי שרירי הקאודרטוס-לומבארם האחראים בין היתר לתמיכת הגב ובית החזה ולכפיפה הצידי של המותנית, שרירי זוקפי הגב והשרירים הבין-חולייתיים בין 5L לעצם העצה, המולטיפידים.

יציבת האגן התחתונה הפאסיבית והדינאמית נעזרת במעטפות פרקי הירך, שרירי ההאמסטרינגס, הבייספס פמוריס והאדקטורס. היציבה הצידיה הגידית או שרירית נעזרת בגידי הIlio-Tibial Band (ITB), Tensor Fascia Lata (TFL), שרירי הבטן האלכסוניים, הפיריפורמיס, ג'אמליוס, שרירי מייצבי הירך הפנימיים-אדקטורס ושרירי האובטורייטור הפנימי והחיצוני. כמוכן, עוזרים חלקית שרירי העכוזים הגלוטיס מינימוס, מדיוס וקצת גם המאקסימוס.

יציבת האגן הקדמית נעזרת פאסיבית בגידי המפשעה האיליו-אינגווינאליים, המעטפות הקדמיות של מפרקי האגן הסאקרו-אליאתיים, והגידים הפנימיים באגן כגון הגידים הסאקרו-ספיינוסים והסאקרו-

טובארוסיים ואילו אקטיבית, בשרירי הבטן התחתונה והמרכזית, שרירי רצפת האגן-הלוואטור-אניי, ושרירי מייצבי עצם הזנב, הקוקסיג'יוס. כמוכן, נעזרת יציבת האגן הקדמית בשרירי הירך הקדמיים הארבע ראשיים- הקואדריספס, הרקטוס פמוריס, סארטוריוס ובחלק קטן של שרירי מייצבי הירך הפנימיים, האדקטורס והאילייקוס.

אחד השרירים היותר משפיעים על יציבת ובריאות האגן והשדרה המותנית ומתח חוליות המותנית וכריות הדיסק הבין-חולייתיות הוא שריר המותן-כסל או Ilio-Psoas המייצבים את האגן ועמוד השדרה המותני מלפנים. שרירים אלו נוטים תכופות להתכווץ ולהתקצר עקב ישיבה מרובה, עמידה לא סימטרית, הליכה בנעלי עקב או סיכול ברכיים.

יציבת האגן האחורית מושפעת באופן פאסיבי מהמעטפות האחוריות של מפרקי האגן ואקטיבית משרירי זוקפי הגב ושרירי העכוזים.

תנועת האגן מושפעת כאמור לא רק מגמישות הגידים ואורכי השרירים, אלא גם מאיכות ואלאסטיות מפרקי האגן, פרקי הירך ולא פחות חשוב, מפרקי החוליה L5 אשר מעבירה את עומסי תנועת האגן לעמוד השדרה, ולהיפך. מכיוון שתנועת האגן קשורה אנטומית ליציבת ותנועת הגפיים התחתונות, יגרום כל ליקוי, תפיסת שריר או גיד, דלקת מקומית או פציעה לתגובת צליעה מיידית או תגובת הימנעות עצמית מהפעלת עומס על אותה גפה. תגובות רפלקסיביות אלו גורמות מבלי שנרגיש תגובת פיצוי נרכשת נורו פיסיוולוגית עקב ניסיונות מרכזי שיווי המשקל באוזניים התיכונות ובטאלאמוס לשמר את מיקום הראש והמוח בקו האנך של השלד. הליכה עם אגן לא מאוזן לאורך תקופה ארוכה של חודשים ושנים, יכול לגרום לעקמת נרכשת, לפעולות והתפתחות שרירי גב לא סימטריים, ללחץ מוגבר על כריות הדיסק, לפגיעות דיסק עד כדי פריצה ובוודאי, שחיקת מפרקי החוליות הידועה כארטרוזיס ושחיקת גופי החוליות הידועה כספונדילוזיס.

מהלך הבדיקות המומלץ לגורם הבדוק הראשוני

ככלל, רצוי להתחיל את הבדיקה הפיזיקאלית לאחר האנמנזה כאשר המטופל עומד מולך, כך שניתן להבחין ולמשש תחת כוח הכבידה את מבנה הגב וקווי האגן באופן פאסיבי, להמשיך עם הנעת קו השכמות של המטופל במגוון כיוונים תוך כדי מישוש עמוד השדרה התחתון לבדיקת תחושת הגמישות והסימטריה של שרירי הגב ותנועת החוליות. ניתן גם להעביר שתי אצבעות ממששות לאורך שני צידי עמוד השדרה ולחוש האם יש סטייה או קימור לימין או לשמאל. השלב הבא הוא בדיקת טווחי התנועה האקטיביים של המטופל בכיוונים שונים תוך שימת לב במישוש הידני לפעילות שרירי הגב וזנבות החוליות. יש לשים לב ולהימנע מכיפופים גדולים אם קיים חשש לפגיעה דיסקאלית טרייה או ישנה.

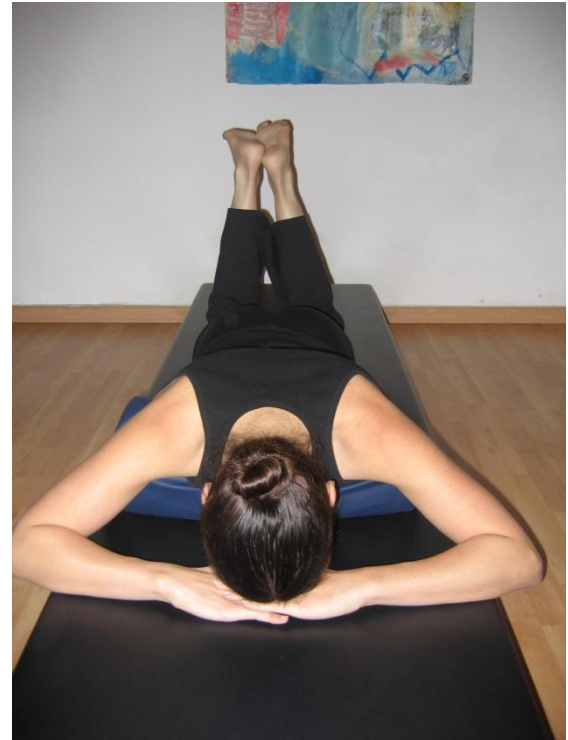
ניתן גם לשלב בדיקת רפלקסים, תחושות וכוח שרירים פונקציונאלי לשלילת מעורבות קיפוח עצבית אם קיים חשש ללחץ עצבי.

כפי שגם תואר בתפקוד האגן והגפיים, יש לבדוק את מכלול טווחי התנועה של פרקי הירך ומפרקי האגן בשכיבה על הגב והבטן ולוודא כי הם מתאימים לקיים בספרות הרפואית והכירורגית: כיפוף נורמאלי של הגפה התחתונה בשכיבה על הגב עם ברך ישרה – 90 מעלות, סיבוב ירך פנימי – 45 מעלות, חיצוני – 45 מעלות וכיפוף הגפה התחתונה לאחור בשכיבה על הבטן – 20 מעלות (10).

בתנוחת שכיבה זאת על הבטן, מומלץ לכופף את שתי הברכיים ל 90 מעלות ולהצמיד את ברכת ועקבי המטופל בהמשך לקו האמצע של הגב והעכוזים. בבדיקה זאת, אם נמצא הבדל בין העקבים, הדבר מצביע על אבחנה התחלתית של תסמונת הרגל הקצרה הראשית ומומלץ בשלב זה להפנות את המטופל לד"ר לכירופרקטיקה על מנת שיבצע בדיקות מעמיקות יותר המבדילות בין האפשרות שיש קיצור אנטומי באחת הגפיים או בעצם לחי האגן או שההבדל הוא מדומה עקב ליקוי בתפקוד מפרקי האגן והירך או כיווץ והתקצרות שרירים או גידים כפי שהוצע לעיל כאבחנות מבדילות לרגל קצרה מדומה ראשונית או שניונית.



ואחרי טיפול ואיזון כירופרקטי שיקומי



הבדל אורך רגליים בבדיקה לפני הטיפול

הבדיקה המקובלת בתחום האורתופדיה הרפואית לרגל קצרה היא מדידת אורך גפיים ידנית על ידי סרט מדידה או מדידה גרפית בצילום רנטגן. אם נמצא הבדל במדידת האורך ואובחנה נטיית אגן לצד כלשהוא במדידת פלס, יתוקן החסר בהרמת עקב מלאכותית בתוך ההנעלה של המטופל או מודבקת הגבהה חיצונית לעקב הנעל. אם לא נמצא הבדל במדידת אורכי הגפיים, לא נלקחים בדרך כלל תפקוד האגן ופרקי הירך בחשבון, ולא נבדקים השפעות השרירים והגידים עליהם. טיפול בעזרת הרמת העקב בלבד לא ישלים את הטיפול הכולל בשרשרת התנועה של הגפה התחתונה, האגן והגב. במקצוע הכירופרקטיקה משאירים את תחום הטיפול המלאכותי של הרמת העקב כאפשרות שנייה, ורק לאחר ניסיון שיקום המבנה המורכב של יציבת הגפה, האגן והגב על כל מרכיביו.

מרכיבי הטיפול הכירורפיקטי לתסמונת הרגל הקצרה מדומה הראשונית ו/או השניונית

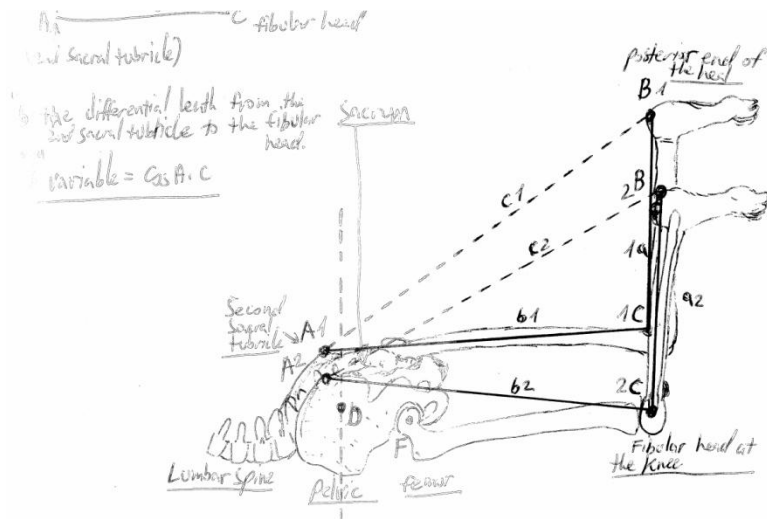
במקצוע הכירורפיקטיקה קיים מגוון של למעלה מ- 20 טכניקות טיפול ידניות וממוכשרות המותאמות למצב המטופל וגילו. מפרקי האגן ומפרקי חוליות המותנית מקבלים התייחסות טיפולית משולבת הכוללת הפעלת מגוון טכניקות טיפול אשר מכוונות להפעלת עומסים שונים וחיישים מכאנו-רצפטיים שונים, לפי האבחנות ורמת הכאב, הרגישות ודלקתיות הרקמות. סדר שילוב הטכניקות משתנה בהתאם למצב המטופל:

1. טכניקות ידניות עדינות ושטוחות מגע אשר נועדות להפעלת חיישים מכאנו-רצפטיים ופרופריוצפטיים בעלי סף רגישות נמוך (LTM, , Low Threshold Mechano-receptors) הנמצאים לרוב ברקמות העליונות של העור והפאשיה. טכניקות אלו מיועדות ליצירת אפרנטציה או המרצת חיישים חזקה להפעלת רפלקסים אנלגטיים ברמת הגרעין הדורסאלי ובאזורי גזע המוח. האפקט שלהם מהיר מאוד אך משך הרפלקס האנלגטי שהם יוצרים קצר יחסית.
2. טכניקות ידניות וממוכשרות מהירות ועמוקות יותר אשר נועדו להפעלה בו-זמנית של חיישי LTM אבל בנוסף לחיישים ופרופריוצפטיים, הן מפעילות חיישים מכאנו-רצפטיים, חיישים מכאנו-נוסיספטיים ופרופריוצפטיים בעלי סף ריגוש גבוה (High Threshold Mechano- Nociceptors, HTMN) הנמצאים בעומק רקמות החיבור ומעטפות מפרקי האגן הסאקרו-איליאיתיים. האפקט שלהם ידוע כמשך אנלגטי בינוני ופרופריוצפטי גבוה שהשפעתו ארוכה יותר ולאורך יותר זמן מה LTM.
3. מתיחות שרירים וגידים יזומות של הד"ר וכן על ידי המטופל לטווחים האנטומיים הפיזיולוגיים של ארבעת הקבוצות שנסקרו עיל באופן פאסיבי ואקטיבי משולבות כטכניקות טיפוליות מקבילות על מנת למנוע כיווצי/התקצרות שרירים מייצבי אגן וגרימה מחדש לרגל קצרה מדומה שניונית על בסיס שרירים קצרים ולא מאוזנים.
4. עבודת רקמות עמוקות לשחרור קשרי טריגר מאיו-פאשיאליים בשרירים הנדונים,
5. תרגילי חיזוק ושיקום ספציפיים למייצבי האגן ניתנים לאחר כל טיפול וכן לביצוע בבית ובעבודה,
6. שיפור סביבת העבודה ואופן העבודה של המטופל כולל בביתו ובמרכבו כתמיכה ארגונומית לטיפול המשולב הכירורפיקטי,
7. בדיקה והתאמת מדרסים פונקציונאליים או הרמת עקב מלאכותית לפי הצורך לתמיכה נכונה בקשתות וזוויות כפות הרגליים והקרוסוליים במיוחד במטופלים עם הבדלי אורך אנומאליים.

ההוכחה המתמטית להיווצרות הרגל הקצרה המדומה

עקב פשטות הבדיקה הכירופרקטית והפרקטית של אורכי הרגליים, נבדקה ההוכחה המתימטית להיווצרות והטיפול בתסמונת הרגל הקצרה. מטופלים הושכבו במרפאות שונות על מיטות הטיפול בשכיבה על הבטן כאשר השוקיים מכופפות ל-90 מעלות. השונו את אורכיהן על ידי בדיקת גובה קצות העקבים הצמודים זה לזה בקו ראייה אווירי לאמצע הירכיים-אגן-עצם ויצרנו למעשה משולש ישר זוויתי. כעת, נבדוק את היחסים המתמטיים בין אורכי השוקיים, ירכיים והזיז המרכזי השני (2S) של עצם העצה לפי הצבה במשפט פיתאגוראס או משוואות טריגונומטריות מתאימות:

משתנה אורך השוק: $a^* = c^* - b^*$ או משתנה אורך הירך-אגן-עצה: $b = \text{Cos } a \times c$.



תרשים אופן הבדיקה וההוכחה המתמטית

במידה ונמדדים אורכי שוקיים וירכיים זהים אנטומית, וכן קיימת אמינות בטכניקת הבדיקה וקיים חוק מתמטי התומך בעקרונות הביו-מכאניים הנזכרים לעיל, הד"ר הבודק, אמור למצוא תוצאה דומה בכל פעם כאשר יחזור ויבדוק את אותו מטופל לפני קבלת טיפול (Intra-examiner reliability). כמוכן, אמורים ד"ר נוספים אחרים לקבל אותה תוצאה ומסקנה במטופלים אחרים הנבדקים ומטופלים אקראית (Inter-examiner Reliability) (12). בהתאמה, אם נבצע שינוי ואיזון במנח האגן, מפרקיו והשרירים התומכים, נוכל לקבל ולאשש את הוכחת היחס המתמטי בין המרכיבים וזאת מה שמחקר שטח זה מצא.

סיכום ומסקנות

בדיקת ואבחנת האגן לתסמונת הרגל הקצרה קריטית ביותר לבריאות יציבת המטופל, לגבו, לאגנו ולירכו וברכו. הליכה רבת שנים עם רגל קצרה מדומה גוררת תהליכים ניווניים נרכשים כרוניים אשר יכולים בנקל להתפרש ולקבל לאחר שנים רבות אבחון מטועה של "ניוון טבעי" או השלמה עם מצב של "זה עקב הגיל ואין מה לעשות". ניתן במרבית המקרים למנוע את תהליכי השחיקה ובוודאי לשפר ולתחזק תהליכי ניוון אם המטופלים יופנו לבדיקות וטיפולים כירורגיים. הבדיקה כאמור יכולה לתת שלוש תוצאות בדיקה: הרגל הקצרה היא ממקור של לקוי בייצוב האגן על מפרקיו השונים, לחלופין, הרגל הקצרה היא ממקור של כיווץ אחד או יותר משרירי מייצבי האגן והגב או שבכלל, עצם הירך, סחוס המיניסקוס, השוק או הקרסול לא שווים באורכם האנטומי עקב פציעות, שחיקה או פעולות ניתוחיות ארטרוסקופיות.

References:

1. Knutson GA: Anatomic and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part I, anatomic leg-length inequality: prevalence, magnitude, effects and clinical significance . [Chiropr Osteopat](#). 2005 Jul 20;13:12.
2. Knutson GA: Anatomical and functional leg-length inequality: a review and recommendation for clinical decision-making. Part II. The functional or unloaded leg-length asymmetry.

Chiropr Osteopat. 2005 Jul 20;13:11.
3. Vuillerme N, Sporbert C, Pinsault N. : Postural adaptation to unilateral hip muscle fatigue during human bipedal standing. : *Gait Posture*. 2009 Apr 27.
4. [Falltrick DR](#), [Pierson SD](#) : Precise measurement of functional leg length inequality and changes due to cervical spine rotation in pain-free students.
5. Segal NA, Harvey W, Felson DT et al: Leg-length inequality is not associated with greater trochanteric pain syndrome. *Arthritis Res Ther*. 2008; 10(3)
6. Segal NA, Felson DT, Torner JC et al. : Greater trochanteric pain syndrome: epidemiology and associated factors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007 Aug;88(8):988-92
7. Tortolani PJ, Cabone JJ, Quartararo LG. :Greater trochanteric pain syndrome in patients referred to orthopedic spine specialists. *Spine J*. July-Aug;2(4):251-4
8. Cooperstein R, Lew M.: The relationship between pelvic torsion and anatomical leg length inequality: a review of literature. *J Chiropr Med*. 2009 Sep;8(3):107-18

9. Kapandji IA: The Physiology of the Joints Vol 2 Lower Limb. Churchill Livingstone NY 1987
10. Am Med Ass: Guides to the Evaluation of Permanent Impairment, 4th Ed, Chicago Il 1995
11. Yochhum TR, Rowe LJ: Essentials of Skeletal radiology, Vol 1. Williams & Wilkins Balt. PA 1987
12. Schneider M, Homonai R, [Moreland B](#), [Delitto A](#).: Interexaminer reliability of the prone leg length analysis procedure.