

מתיחות שרירים ותרומתן השנויה במחלוקת לביצועים גופניים

נבות מילוא, מיכאלה מילוא

תקציר

באופן מסורתי מתיחת שרירים נחשבת, לדעת רבים, לחלק מתהליך ההכנה לפעילות גופנית ולחלק מההרפיה שלאחריה. רבים מייחסים למתיחות סגולות של שיפור ושל תחזוקת טווח התנועה, של מניעת פציעות, של הקלה בכאבים ושל שיפור ביצועים. הסקירה הבאה מאגדת ממצאי מחקרים שנעשו באופן ממוקד בנוגע להיבטים הללו, ומביאה את המידע כמכלול העוסק בהשפעתן של המתיחות הסטטיות הארוכות (יותר מ־30 שניות למערכת מתיחות) על ביצועי הפעילות הגופנית - לפני, בזמן הפעילות ולאחריה. מתוך הסקירה יתבררו ההיבטים הבאים: השפעת המתיחות על הגדלת טווח התנועה; האופן שבו המתיחות הסטטיות פוגעות ביכולת הפקת הכוח בשריר כאשר הן מתבצעות כחלק מתהליך החימום וההכנה לפעילות; הסיבות המכניות והעצביות לפגיעה ביכולת זו לאחר מתיחות סטטיות ארוכות; והיעדרה של השפעה פיזיולוגית ישירה של המתיחות על מניעת פציעות וכאבי שרירים. כמו כן ייבחנו המתיחות הדינמיות כתחליף למתיחות הסטטיות הארוכות המשולבות בחימום. מסקירה זו עולה כי מומלץ להימנע מביצוע מתיחות סטטיות כחלק מתהליך החימום - ובכלל זה גם מביצוע מתיחות סטטיות קצרות, שאמנם אינן מזיקות, אך תועלתן זניחה. עוד עולה כי מומלץ לשלב בחימום מתיחות דינמיות או לבצע פעילות דינמית בטווחי תנועה גדולים לפני פעילות בעלת אופי של כוח. נוסף על כך, אם שוקלים לבצע מתיחות בסופה של פעילות, עליהן להתבצע במתינות ובזהירות, ומומלץ לבצע מתיחות סטטיות ארוכות להגדלת טווח התנועה כיחידת אימון נפרדת העומדת בפני עצמה.

מילות מפתח: מתיחות סטטיות, מתיחות דינמיות, חימום דינמי, טווח תנועה במפרקים, הפקת כוח מרבי בשריר, כאבי שרירים

מבוא

מתיחת שרירים היא חלק משגרת הפעילות של רבים מהעוסקים בפעילות גופנית - אם מדובר בפעילות למטרות בריאות ואם בפעילות ספורטיבית על מגוון ענפיה - והיא נחשבת לכזו באופן מסורתי. המתיחות מהוות חלק מתהליך החימום לפני פעילות גופנית, ובמשך עשורים הן נחשבו למסייעות בשיפור ביצועים (Behm & Chaouachi, 2011) ולמונעות פציעות (Herbert & Gabriel, 2002). באופן מסורתי אף מיוחסת לביצוע מתיחות לאחר פעילות השפעה המחישה התאוששות ומצמצמת את הסיכון להופעת כאבים - גם מיידים (Thacker, Gilchrist, 2004) וגם מאוחרים (Stroup & Kimsey, 2004) (Delayed Onset Muscle Soreness - DOMS).

- המופיעים כמה שעות לאחר הפעילות או עם ההתעוררות משנת הלילה שלאחר הפעילות (de Vries, 1961; Henschke & Lin, 2011; Herbert, de Noronha & Kamper, 2011). מטרת הסקירה הנוכחית היא לרכז את מכלול ההיבטים הנוגעים למתיחות, לתרומתן או לאי-תרומתן, ויש בה כדי לסייע למאמן, למדריך ולספורטאי לתכנן ביתר יעילות את אימוניהם. מן הסקירה יתבררו התועלת לצד ההשפעות השליליות של ביצוע מתיחות סטטיות ארוכות - הסיבות לפגיעה ביכולת הפקת הכוח המרבי של השריר לאחר ביצוע מתיחות ארוכות מסוג זה ובסמיכות לביצוע, הקשר בין מתיחות ובין מניעת פציעות וכאבי שרירים ותועלתן של המתיחות הדינמיות כאמצעי להכנת הגוף לפעילות גופנית.

על פי רוב, מקובל לבצע מתיחות לפני פעילות, לאחריה, ובמקרים מעטים כיחידת אימון נפרדת. בהיותן חלק משגרת החימום הכללי לפעילות, המתיחות מתבצעות בדרך כלל לאחר כמה דקות של פעילות מחזורית קלה (לרוב ריצה קלה), ולאחריה תרגילים ייעודיים אשר מדמים את הפעילות העיקרית. בדרך כלל המטרות שמבקשים להשיג בחימום הכולל הן העלאת טמפרטורת הגוף, העלאת כמות הנוזל הסינוביאלי במפרקים, התאמת המערכת העצבית לפעילות העצימה העתידה לבוא, הזרמת כמות גדולה יותר של דם ושל חמצן אל השרירים, הגדלת טווח התנועה במפרקים והפחתת הסיכון לפציעה (Young & Behm, 2002).

בספרות מבדילים בין שלושה סוגי מתיחות: הסוג הראשון הוא מתיחות סטטיות ארוכות, המתבצעות תוך מתיחת השריר עד חוסר נוחות או כאב, ושהייה בזווית המתיחה במפרק שאותו מפעיל השריר הנמתח במשך 30 שניות ומעלה - ללא תנועה או בתנועה מעטה (Behm & Fletcher, 2002; Chaouachi, 2011; Young & Behm, 2002); הסוג השני הוא מתיחות דינמיות. אלה מתבצעות בדומה למתיחות הסטטיות, אך נמשכות שניות ספורות בלבד תוך ביצוע כמה חזרות (Fletcher & Jones, 2004); הסוג השלישי הוא מתיחות בליסטיות, אשר מותחות במהירות את השריר במעין מכה ומפעילות מנגנון רפלקס הגנתי - אשר גורם להתכווצות נגדית של השריר (Eldred, 1953). עיקר התמקדותה של סקירה זו הוא ביצוע של מתיחות סטטיות ארוכות, הנחשב למועיל להגדלת טווח התנועה במפרקים (גמישות) למשך פרקי זמן ארוכי טווח. ואכן, גם מן הספרות עולה כי מתיחות מסוג זה הן התורמות המשמעותיות ביותר להגדלת טווח התנועה במפרקים, ולהן ערך בריאותי חשוב וערך ראשוני בענפי ספורט שבהם טווח התנועה מהווה מרכיב הישגי (Behm & Chaouachi, 2011).

טכניקת המתיחות הסטטיות הארוכות הנחשבת למשפיעה ביותר היא ה-Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) (Sharman et al., 2006; Marek et al., 2005; Bradley et al., 2007; Church et al., 2001). ישנן שתי דרכים לביצוע טכניקה זו: באחת מותחים את השריר עד אזור חוסר הנוחות. באזור זה יש לבצע כיווץ הנמשך כשלוש שניות בעוצמה של כ-20% מכוחו המרבי של השריר הנמתח, ואז להמשיך ולמתוח עוד את השריר; בשנייה, שאף נחשבת לבעלת תוצאות טובות יותר, לא מכווצים את השריר הנמתח, אלא את השריר או את קבוצת השרירים האנטגוניסטים - אלו המבצעים פעולה נגדית לשריר הנמתח. על מנת להשיג השפעה לאורך זמן, יש לבצע אימון זה פעמיים בשבוע. יותר מהמתיחות הסטטיות הארוכות הפסיביות, PNF משפיעה גם על קיצור פרק הזמן הנדרש להשגת הגדלה של טווח התנועה (Hindle, Whitcomb, Briggs & Hong, 2012).

ואולם, מלבד השפעתן החשובה על הגדלת טווח התנועה כאמור (Sharman, Cresswell & Riek, 2006; Marek, Cramer, Fincher & Massey, 2007; Bradley, Olsen & Portas., 2001; Church, Wiggins, Moode & Crist, 2001), מבחינה מעמיקה של הספרות הקיימת בתחום, מתברר כי המתיחות הסטטיות הארוכות - אם מתבצעות כחלק מהחימום ובסמיכות לפעילות - לא זו בלבד שאינן מסייעות להכנת הגוף לפעילויות שונות (Thacker et al., 2004), אלא אף פוגעות ביכולת השריר להפיק כוח (Behm, Button & Butt, 2001; Young & Behm, 2003; Sim, Dawson, Guelfi, Wallman & Young, 2009; Wilson, Hornbuckle, Kim, Ugrinowitsch, Zourdos & Pantan, 2010; Robbins & Scheuermann, 2008). דבר נוסף המתברר הוא כי גם ביצוען לאחר פעילות היא בעלת השפעה זניחה על תהליכי התאוששות ואיננה מפחיתה או מונעת כאבי שרירים מאוחרים (Barnett, 2006; Henschke & DOMS) (Lin, 2011; Herbert et al., 2011).

מתיחות סטטיות והשפעתן על הפקת הכוח בשריר

כאמור, במשך שנים רבות נהגו ועדיין נוהגים ספורטאים רבים ממגוון ענפי ספורט ופעילות גופנית להשתמש במתיחות סטטיות ארוכות, בעיקר לשרירי הרגליים, כחלק מתהליך ההכנה והחימום לפעילות ייעודית. מתברר שהרגל זה לא רק שאיננו מסייע, אלא אף מפחית את ביצועי השריר שעבר מניפולציה שכזו (Behm & Chaouachi, 2011). להלן יוצגו מחקרים נבחרים ושונים שמהם עולה ממצא זה.

בבדיקות מעבדה הבוחנות הפקת כוח בשריר, בדקו בהם ועמיתיו (Behm et al., 2001) כיצד משפיעים רכיבה על אופניים ארגומטריות במשך חמש דקות וביצוע מתיחות סטטיות בשריר ארבעת הראשים במשך 20 דקות על הפקת הכוח המרבי של השריר, מול קבוצת ביקורת שביצעה חמש דקות רכיבה ומיד אחריה מבדקי הפקת כוח מרבי של שריר ארבעת הראשים. הפקת הכוח המרבי של השריר נמדדה באמצעות טכנולוגיית ITT (Interpolated Twitch Technique) (Shield & Zhou, 2004), ונמצא כי היא הייתה חלשה בכ-12% לעומת הפקת הכוח המרבי של השריר לאחר חימום שכלל רכיבה על אופניים בלבד, ללא ביצוע מתיחות. כאשר מדידת עוצמת התכווצות שריר ארבעת הראשים בוצעה באמצעות משטח משולב אלקטרומיוגרפי (surface integrated electromyography - EMG), נצפתה ירידה של כ-20% בהפקת הכוח המרבי של השריר.

בחלק נכבד ממבדקי השטח הבוחנים הפקת כוח מרבי של השריר ברגליים, מודדים ומשווים בין ניתורים לגובה שבוצעו לאחר סוגים ואופנים שונים של ביצוע מתיחות. זוהי דרך פשוטה ויעילה, נוסף על העובדה שהניתור לגובה ממילא מאפיין ענפי ספורט רבים. ברבים מהמחקרים העוסקים בתפוקת כוח רגליים, ובאלה שיצוינו בהמשך, מקובל לבחון שלושה סוגי ניתורים לגובה: ניתור משפיה (Squat-Jump - SJ); ניתור לאחר שקיעה (Counter-Movement - CMJ); וניתור מנפילה (DJ Drop-Jump).

יאנג ובהם (Young & Behm, 2003), מדדו את תוצאותיהם של שני סוגי ניתור - DJ ו-SJ - בתוספת של עשרה קילוגרמים על הכתפיים, באופן הבוחן הפקת כוח מרבי של השריר בעת ההתכווצות הקונצנטרית של השריר. התוצאות נמדדו לאחר חמישה סוגי חימום: (1) הליכה וביצוע של כפיפות ברכיים (חימום קל ביותר); (2) ארבע דקות ריצה בקצב בינוני; (3) מתיחות

סטטיות ארוכות, במשך 30 שניות, של השרירים העיקריים השותפים בניתור - שרירי ארבעת הראשים, התאומים והסוליה; (4) ריצה של ארבע דקות ולאחריה תרגילי מתיחות סטטיות ארוכות; (5) ריצה של ארבע דקות, אחריה תרגילי מתיחות סטטיות ארוכות ולאחריהן ארבעה ניתורים לגובה בעוצמה של 80%-100%.

במחקר זה נמצא כי השפעתן של מתיחות בלבד (חימום מס' 3) הייתה השלילית ביותר על ביצועי שני הניתורים. לעומת זאת, הניתורים לאחר ריצה בלבד (חימום מס' 2) והניתורים לאחר ריצה שלאחריה מתיחות ושלאחריה ניתורים (חימום מס' 5), נתנו את התוצאות הטובות ביותר בניתורים מסוג SJ ו-DJ. החוקרים מסיקים מכך שבחימום מס' 5 המתוחות היוו גורם מחליש, ואילו הניתורים שלאחריהם היוו גורם מחזק. מסיבה זו תוצאות חימום מס' 5 היו זהות לתוצאות חימום מס' 2.

רובינס ושרמן (Robbins & Scheuermann, 2008), ביקשו לבחון באילו תנאים מתיחות סטטיות קצרות, המבוצעות במשך 15 שניות למערכה, לא יפגעו ביכולת הפקת הכוח של השריר. הם בחנו גובה ניתור של עשרה ספורטאי קולג' לאחר ארבעה פרוטוקולים שונים של חימום, אשר שלושה מהם משלבים מתיחות סטטיות. כל פרוטוקול כלל חמש דקות של רכיבה על אופניים בעלייה, ארבע דקות מנוחה, שלושה ניתורי SJ הבוחנים את כוח השרירים המשתתפים בניתור כמבחן מקדים (pretest), ביצוע מתיחות כמתואר בהמשך, ארבע דקות מנוחה - ולסיום, שוב שלושה ניתורי SJ כמבחן לאחר ביצוע המתיחות (posttest). כל ססט בוצע ביום נפרד, ופרק המתיחות לשרירים העיקריים המשתתפים בניתור בוצע לכל שריר בנפרד בדרך הבאה: (1) ללא מתיחות; (2) שתי חזרות במשך 15 שניות של מתיחה סטטית לכל שריר בהפסקה של 15 שניות; (3) ארבע חזרות במשך 15 שניות של מתיחה סטטית לכל שריר בהפסקה של 15 שניות; (4) שש חזרות במשך 15 שניות של מתיחה סטטית.

במחקר זה התוצאות המיטביות הושגו בפרוטוקול 2, שבו לא נמצא הבדל בין ביצוע הניתורים במבחן המקדים לאלו שלאחר פרוטוקול המתיחות שכלל שתי חזרות של מתיחות. נוסף על כך, ככל שעלה מספר המתיחות (פרוטוקול 3, 4) - כך ירד גובה הניתור שלאחריהן. מכך מסיקים החוקרים שאם מעוניינים לבצע מתיחות סטטיות לפני פעילות בעלת אופי של כוח, כמו ניתור לגובה, יש לבצען במינון נמוך ולמשך פרקי זמן קצרים, ולאפשר מנוחה של כארבע דקות לפני ביצוע הפעילות. מכך משתמע כי גם אם המתיחות קצרות ואינן משפיעות לרעה על הפקת הכוח ברגליים, הן בכל זאת אינן משפיעות לטובה על הפקת הכוח.

לא רק פעילות עוצמתית כמו ניתור לגובה מושפעת לרעה ממתיחות סטטיות ארוכות. סים ועמיתיו (Sim et al., 2009), בדקו שילובים של פעילות דינמית ושל מתיחות סטטיות לפני מבחן "ספרינטים חוזרים" (Repeated sprint test- 6X20 מטר). במחקר זה הנבדקים נתבקשו לבצע שלושה פרוטוקולים של מבדקים, כולם לאחר ריצת 1000 מטרים קלה, בשלושה ימים שונים: (1) לאחר פעילות דינמית (D) שכללה טכניקה של ריצה על פני מרחק של 15 מטרים במשך כחמש דקות ולאחריה חמישה מקטעים של ריצת 20 מטרים, כאשר כל קטע מתבצע מהר יותר מקודמו והחזרה מסוף ריצה לתחילת הריצה הבאה מתרחשת בריצה קלה; (2) לאחר מתיחות סטטיות ארוכות שלאחריהן הפעילות הדינמית הקודמת (3); (S+D) לאחר הפעילות הדינמית הקודמת שלאחריה מתיחות סטטיות (D+S).

נמצא כי תוצאות מבחן הספרינטים החוזרים היו האיטיות ביותר לאחר פרוטוקול 3, שבו

המתיחות הסטטיות היו הפעילות הסמוכה ביותר למבדק. בין פרוטוקול 1 לפרוטוקול 2 לא נמצא הבדל משמעותי, כאשר בפרוטוקול 2 הפעילות הדינמית הייתה הסמוכה ביותר למבדק. החוקרים מצביעים אפוא על כך שמתחות סטטיות ארוכות עשויות שלא לפגוע באיכות הביצוע של מבחן ספרינטים חוזרים אם ביניהן התבצעה פעילות דינמית מתארכת, מובנית והדרגתית. הדבר מלמד על כך שהשפעתן המאטה של המתיחות הסטטיות איננה ארוכת טווח. גם ווילסון ועמיתיו (Wilson et al., 2010), בחנו את השפעתן של מתיחות סטטיות על פעילות אירובית, כגון ריצה למרחק. קבוצת רצים למרחקים ארוכים נתבקשה לרוץ בשני מבדקים בימים נפרדים. פרוטוקול ההכנה ביום הראשון כלל חצי שעה של ריצה בקצב של 65% צח"מ, מיד לאחריו ביצעו מתיחות סטטיות במשך 16 דקות ואז ביצעו של פרוטוקול המבדק - שבו היה עליהם לרוץ כמה שיותר רחוק במשך 30 דקות על אותה המסילה, כאשר הם יכולים לעקוב אחרי זמן הריצה ולהגביר או להאט את מהירות הריצה, אבל לא לדעת את המהירות ולא את מרחק הריצה. ביום האחר פרוטוקול ההכנה היה דומה, למעט העובדה שבמקום 16 דקות של מתיחות סטטיות, הנבדקים נתבקשו לשיבה רגועה במשך 16 דקות, ואז לבצע את מבדק 30 דקות הריצה.

התוצאות הראו שכאשר רץ מבצע פעילות של סיבולת אירובית עצימה, הוא מאבד מיכולתו אם הוא מבצע אותה לאחר 16 דקות של מתיחות סטטיות. קריימר ועמיתיו (Cramer et al., 2007), מוסיפים שהמתיחות הסטטיות המבוצעות בסמיכות לפעילות, מחלישות את עוצמת השריר בקרב כל סוגי הספורטאים, גם אלו הנדרשים להפקת כוח מקסימלי בשריר וגם אלו הנדרשים לכוח תת־מקסימלי המתבטא בביצועי סיבולת אירובית. לעומת הממצאים שמהם עולה באופן ודאי כי הפקת הכוח בשריר פוחתת בסמיכות לביצוע מתיחות סטטיות ארוכות, הרי שהירידה בתפקודי שיווי משקל לאחר ביצוע מתיחות סטטיות ארוכות איננה חד-משמעית, אם כי גם איננה משתפרת לאחר מתיחות אלה. בהם ועמיתיו (Behm, Bambrury, Cahill, & Power, 2004), אבחנו ירידה קלה (9.2%) בשיווי המשקל בעמידה על רגל אחת, בין מבדק מוקדם ומבדק שבוצע לאחר מתיחות סטטיות שנמשכו 45 שניות, כאשר המתיחות בוצעו בשלוש מערכות לכל אחת מקבוצת שרירים: ארבעת הראשים, פושטי הירך ושריר הסובך. לעומת זאת נרשמה עלייה (17.3%) במדדי שיווי המשקל בין שני מבדקים שביניהם הפסקה ללא מעש, שאורכה היה כאורך הזמן שהוקדש למתיחות במבדק הקודם.

קוסטה ועמיתיו (Costa, Graves, Whitehurst, & Jacobs, 2009), בחנו גם את שיווי המשקל, אך השוו בין שיווי המשקל לאחר מערכות של מתיחות סטטיות שמשכן 45 שניות לאותם שרירי רגליים, לבין שיווי המשקל שלאחר מערכות שמשכן 15 שניות בלבד. בניגוד לממצאי המחקר הקודם, במחקר זה לא נמצאה השפעה על שיווי המשקל לאחר מערכות מתיחות של 45 שניות. לעומתן, מערכות מתיחות קצרות שמשכן 15 שניות הביאו לשיפור של 18% במדדי שיווי המשקל, שיפור דומה למתיחות שבוצעו לאחר חוסר הפעילות במחקרם של בהם ועמיתיו (Behm et al., 2004).

מתיחות סטטיות ארוכות בטכניקת PNF אינן שונות בהשפעתן על הפקת הכוח בשריר מכלל המתיחות הסטטיות הארוכות. גם לאחריהן אובחנה ירידה בהפקת הכוח המרבי בשריר

(Marek et al., 2005; Sharman et al., 2006; Church et al., 2001; Bradley et al., 2007) יאנג ובהם (Young & Behm, 2003), ממליצים שלא לבצע מתיחות סטטיות לפני פעילות הדורשת הפקת כוח מקסימלי, כמו ניתור. הם אמנם מציינים שאחת הסיבות לביצוע מתיחות סטטיות היא הפחתת הסיכון לפציעות - נושא שעוד נידרש אליו בהמשך סקירה זו - ואולם, כך הם טוענים, גורם משמעותי יותר בהפחתת הסיכון לפציעות בעת עריכת חימום הוא העלאת טמפרטורת השריר. כך, מלבד הגדלת טווח תנועה במפרקים, תרומתן הנוספת של המתיחות בעצם מוטלת בספק.

סימיק ועמיתיו (Simic, Sarabon & Markovic, 2013), מסכמים עשרות מחקרים שבוצעו על ההשפעה המיידית של מתיחות סטטיות על ביצועי הפקת כוח, ומציינים את השפעתן השלילית של המתיחות הללו. למרות זאת, מציינים החוקרים, יש מקום לבחינת השפעתן של מתיחות סטטיות הנמשכות פרקי זמן הקצרים מ-30 שניות. להערכתם, זמן השהייה המתארך במצב מתיחת השריר בתחושת חוסר הנוחות, הוא הגורם המשמעותי במיתון יכולת הפקת הכוח בשריר (טבלה 1).

הסיבות לכך שמתחות סטטיות ארוכות מפחיתות את יכולת הפקת הכוח בשריר את הסיבות לכך ניתן לחלק למכניקה של הפעלת השריר ולפעילות העצבית הקשורה בהפעלה זו. באשר לסיבות המכניות להפחתת היכולת מצאו קוקונן ועמיתיו (Kokkonen, Nelson & Cornwell, 1998) כי הכוח המופק בכפיפה ובפשיטה של הברך בעוצמה מרבית (RM1), פוחת מיד לאחר ביצוע מתיחות סטטיות ארוכות לשרירים כופפי הברך ופושטי הברך. חוקרים אלה מוצאים בתוצאות מחקרם קשר לממצאים של וילסון ועמיתיו (Wilson, Murphy & Pryor, 1994), מהם עולה כי ככל שאזור החיבור שריר-גיד (musculotendinous junction) קשיח יותר, כך עולה יכולת הפקת הכוח המרבי.

ווילסון ועמיתיו ופלצ'ר ובת'ן (Wilson et al., 1994; Fletcher & Bethan, 2004), משערים שביצוע תרגילי מתיחות מעורר את האלסטיות של הרכיבים האלסטיים באזור החיבור שריר-גיד, יוצר היענות מוגברת של רקמות אלה, ובכך ממתן את הפקת הכוח של השריר. הדבר דומה לשני מנועים זהים המרימים מטען זהה בפרק זמן קצר מאוד, אלא שהאחד מתחבר ישירות למטען, והשני מתחבר לקפיץ המתחבר למטען. מן הסתם המנוע הראשון ירים את המטען מהר יותר ובעוצמה גדולה יותר. גם הרדה ועמיתיו (Herda et al., 2008) משערים כי הפחתת הפקת הכוח המרבית של השריר הנובעת מהמתיחות הסטטיות, נגרמת מעלייה באורך השריר מעבר לרמה המיטבית שבמצב המנוחה, שלפני התכווצות הסרקומרים, ודבר זה מונע מהם מיצוי יעיל של עוצמת ההתכווצות.

לסיבות המכניות מצטרפות גם הסיבות העצביות לירידה בהפקת הכוח בשריר כתוצאה מהמתיחות. פלצ'ר ובת'ן, בהם ועמיתיו, קריימר ועמיתיו והרדה ועמיתיו (Fletcher & Bethan, 2004; Behm et al., 2001; Cramer et al., 2007; Herda et al., 2008) מציינים כי ההיענות המוגברת פוגמת אף בהולכה העצבית אל השריר, וכך גם בשל סיבה זו מצטמצמת הפקת הכוח המקסימלית בשריר. אבטוביץ' ועמיתיו (Evetovich, Nauman & Todd, 2003), מדדו הפקת כוח מקסימלית רצונית בשריר הדוראשי הזרועי בפעולה שקדמו לה תרגילי מתיחות

מתיחות שרירים ותרומתן השנויה במחלוקת לביצועים גופניים

התוצאה	הפעילות	המחבר
ירידה בהפקת MVC: 12% במדידת ITT. 20% במדידת EMG.	השפעת 20 דקות של מתיחות סטטיות לשרירים הפושטים של הרגליים, שבוצעו לאחר חמש דקות רכיבה על אופניים ארגומטריים, על הפקת כוח מרבי.	Behm et al., 2001
הירידה הגדולה ביותר נצפתה לאחר המתיחות בלבד (פרוטוקול מס' 3). פרוטוקולים מס' 2, ו-5 הביאו לשיפור התוצאות המרבי במבדק שאחרי.	השפעת חמישה סוגי פרוטוקולים שונים של חימום, על גובה SJ ו-DJ שבוצעו בתוספת משקל של 10 ק"ג על הכתפיים; הליכה וכפיפות ברכיים; ארבע דקות ריצה בקצב בינוני; ביצוע מתיחות סטטיות של פושטי הרגליים במשך 30 שניות; ריצת ארבע הדקות ולאחריה המתיחות הסטטיות; ריצת ארבע דקות, מתיחות, ארבעה ניתורים גבוהים.	Young & Behm, 2003
ככל שעלה מספר הסדרות מעבר לשניים, כך ירד גובה הניתור.	השפעת כמה סדרות של מתיחות סטטיות שמשכן 15 שניות כל אחת, על ביצוע ניתורי SJ. ללא מתיחות; שתי סדרות; ארבע סדרות; שש סדרות.	Robbins & Scheuermann, 2008
תוצאות הספרינטים האיטיות ביותר נמדדו לאחר פרוטוקול מס' 3, שבו בוצעו מתיחות סטטיות בסמיכות לביצוע הספרינטים.	השפעת שלושה פרוטוקולים של חימום על ביצוע ספרינטים חוזרים (Repeated sprint test): פעילות דינמית; מתיחות סטטיות שלאחריהן פעילות דינמית; פעילות דינמית שלאחריה מתיחות סטטיות.	Sim et al., 2009
ירידה במרחק הריצה לאחר המתיחות הסטטיות.	השפעת מתיחות סטטיות על ריצה ארוכה. פרוטוקול מס' 1: 30 דקות ריצה (ללא ידיעת המרחק) לאחר 16 דקות מתיחות סטטיות; פרוטוקול מס' 2: 30 דקות ריצה (ללא ידיעת המרחק) לאחר 16 דקות ישיבה שקטה.	Wilson et al., 2010
ירידה קלה של 9.2% במדדי שיווי המשקל לאחר המתיחות. שיפור של 17.3% במדדי שיווי המשקל, כשבין שני מבדקי שיווי המשקל בוצעה מנוחה כאורך זמן המתיחות.	השפעת שלוש מערכות של מתיחות סטטיות שמשכן 45 שניות כל אחת לכל שרירי הרגליים, שבוצעו בין שני מבדקי שיווי משקל.	Behm et al., 2004
לא נמצא הבדל במדדי שיווי המשקל לאחר מתיחות שמשכן 45 שניות. נמצא שיפור של 18% לאחר מתיחות שארכו 15 שניות.	השפעת שלוש מערכות של מתיחות סטטיות שמשכן 15 שניות כל אחת, לכל שרירי הרגליים, שבוצעו בין שני מבדקי שיווי משקל.	Costa et al., 2009

טבלה 1

סיכום תוצאות מחקרים שמהן עולה השפעה שלילית של מתיחות סטטיות על יכולת הפקת הכוח בשריר - כפי שנבחנה בפעילויות נבחרות

סטטיות מול פעולה שלא קדמו לה מתיחות. ממצאי ה-MMG (Mechanomyography) הראו הבדלים לא משמעותיים בין ביצוע הפקת כוח מוקדם לביצוע מאוחר, כשביניהם בוצעו מתיחות, ועלייה משמעותית בהפקת הכוח בביצוע השני, כאשר בין הביצועים הייתה מנוחה ללא מתיחות. החוקרים במחקר זה מסיקים כי למתיחות השפעה הממתנת את גיוס היחידות המוטוריות (השפעה עצבית).

ממוקדים יותר הם רוזנבאום והנינג (Rosenbaum & Hennig, 1995), שמצאו כי מתיחות סטטיות מאטות את רפלקס המתיחה, המעורר את כישורי השריר ומגביר את הפקת הכוח בשריר התאומים, השותף בביצועים גופניים רבים, בהם ריצה וקפיצה. מור (Moor, 1984) מציין גם הוא כי המתיחות מעכבות גם את תגובת העצבית של מערכת גולג'י בגיד אכילס, שלה תפקיד דומה לכישורי השריר בגיד אכילס ובגידים בכלל.

השפעת מתיחות בחימום על מניעת פציעות

כפי שהוזכר לעיל, הפחתת הסיכון לפציעה גם היא אחת מהמטרות שבשלן מבצעים מתיחות במהלך חימום באופן מסורתי (Young & Behm, 2002). כך, מחקרים שביקשו ללמוד על הקשר בין ביצוע מתיחות לפני פעילות גופנית להשפעתו על הסיכון לפציעה, השוו בין ספורטאים שביצעו מתיחות במהלך חימום לספורטאים שלא ערכו ביצעו מתיחות במהלכו.

פופ ועמיתיו (Pope, Herbert, Kirwan & Graham, 2000), בחנו אם ניתן לטעון לקשר בין ביצוע מתיחות סטטיות שבוצעו בשש קבוצות שרירי רגליים, כחלק מתרגילי חימום לפעילות גופנית, לבין מניעה או הפחתה של פציעות רגליים. המחקר בוצע בקרב 1,538 מגויסים צעירים לצבא האוסטרלי. במשך 12 שבועות ביצעו משתתפי קבוצת המחקר סט אחד של מתיחות סטטיות, במהלך כל חימום לפני כל סוג של פעילות גופנית, לכל אחת מקבוצות השרירים הבאות: שריר הסובך (תאומים, סוליה), ארבעת הראשים, מקרבי הירך ופושטי הירך (20 שניות לכל קבוצת שרירים). משתתפי קבוצת הביקורת לא ביצעו מתיחות כחלק מהחימום.

במהלך תקופת המחקר אובחנו 158 פצועי גפיים תחתונות (21.5%) מתוך 735 נבדקי קבוצת המחקר, ו-175 פצועי גפיים תחתונות (21.8%) מתוך 803 הנבדקים שלא ביצעו מתיחות. מחקר זה טוען להיעדר השפעה של מתיחות על הפחתת פציעות מגויסים צעירים לצבא האוסטרלי. ת'אקר ועמיתיו (Thacker et al., 2004) מחזקים טענה זו, ומציינים שעל פי ממצאיהם לא נמצא קשר בין ביצוע תרגילי מתיחות לאחר הפעילות למניעת פציעות ובעיקר כאבי שרירים. הרברט וגבריאל (Herbert & Gabriel, 2002), טוענים שמכל העולה מעבודות חקר שנעשו על השפעתן של מתיחות סטטיות בקשר עם הפחתת הסיכון לפציעות, השפעת המתיחות זניחה וחסרת משמעות. ואולם הם מציינים כי יש מקום לבחינה נוספת של הסוגיה.

אחת מקבוצות השרירים הרגישות יותר לפציעות, כגון מתיחות או קרעים, היא פושטי הירך. אופר ועמיתיו (Opar, Williams & Shield, 2012) סקרו מחקרים שנעשו על סוגיה זו. מהממצאים עולה שמתחות סטטיות המתבצעות בישיבה שלמה תוך כפיפת הגו לפני לא סייעו בהפחתת פציעות בעלות אופי של מתיחת יתר בפושטי הירך. יתר על כן, במחקר שנעשה בקרב שחקני פוטבול אוסטרלי שביצעו מתיחות אלו כשגרה ולאחר פציעות בשריר, הייתה נטייה לחזרה של פציעה זו (Gabbe, Bennell, Finch, Wajswelner & Orchard, 2006).

לעומת כל אלה, מקהוף וקוסגרייב (McHugh & Cosgrave, 2010) סבורים כי ייתכן שדווקא קיים בסיס לטענה שמתיחות עשויות לסייע בהפחתת פציעות, ולו רק משום שטווח תנועה גדול במפרקים יכול להפחית פציעות בעלות אופי של מתיחת יתר של שריר. אולם, הם מציינים, לא ברור מהם הסוג, העוצמה והכמות המיטבית של המתיחות. כמו כן הם מבהירים כי בגלל המשתנים הרבים והמורכבים הכרוכים בחימום, בסוגי החימום הייחודיים לענפי הספורט השונים ובסיבות המגוונות לפציעות, קיים קושי להצביע על קשר שכזה, ודרושות לשם כך עבודות חקר נוספות.

על צדדיו של הקשר המורכב בין ביצוע מתיחות למניעת פציעות מוסיפים גם פרלס ועמיתיו (Pereles, Roth & Thompson, 2012), אשר ביקשו לבחון את השפעתם של ביצוע או אי-ביצוע מתיחות לפני ריצה ארוכה על פציעות רגליים בקרב 2,729 רצים הרצים לפחות עשרה מיילים בשבוע, במשך שלושה חודשים. הממצאים הכוללים, המשווים בין 1,363 הרצים שלא ביצעו מתיחות לבין 1,366 הרצים שביצעו מתיחות, לא הראו הבדל בנטייה להיפצע. לטענת החוקרים, גורמים כמו גיל הרצים, מרחק הריצה השבועי והיסטוריית הפציעות היו משמעותיים יותר כגורמי פציעה. בד בבד, הם מציינים כי רצים ששובצו לקבוצה שבה היו צריכים לבצע תרגול הפוך מהרגלם (נמתחים בשגרה בקבוצת הלא-נמתחים ולהפך), נטו להיפצע יותר, בדגש על אלו שרגילים לבצע מתיחות והיה עליהם להימנע מכך.

האם קיימת זיקה בין ביצוע מתיחות למניעת כאבי שרירים מאוחרים (DOMS)?

סיבה נוספת לביצוע תרגילי מתיחות לפני פעילות גופנית ולאחריה היא מניעה של DOMS או הקלה בהם; אלו הם הכאבים המופיעים כמה שעות לאחר אימון גופני השונה מהרגיל או בבוקר שלאחריו. ההסבר הישן לתופעת כאבי השרירים המאוחרים, הנקראים בפי כול "התכווצויות שרירים", היה עווית (Spasm) בשריר, אשר נגרמת על ידי הפעילות שהמתאמן איננו מורגל בה, ומשום שאותה עווית יוצרת חסימה חלקית של זרימת דם, יש לבצע תרגילי מתיחות על מנת לפתוח זרימת דם (de Vries, 1961) - כך על פי ההנחה הישנה. מאוחר יותר הופרכה טענה זו, משום שנמצא שכל התכווצות שריר ברמה שהשריר איננו מורגל בה, ובעיקר ההתכווצויות האקסצנטריות (התכווצות השריר בעת פעולת בלימה), הן הגורמות העיקרית ל-DOMS. כמו כן ישנה תמימות דעים בכך שההתכווצות האקסצנטרית מחוללת "נזק" מיקרוסקופי ברמת הסרקומרים. נזק זה מביא להיווצרות גודש דלקתי, שמצד אחד יוצר את הכאב ומצד שני מהווה חלק מתהליך ההחלמה המקומי. מובן שכאן מתיחות כגורם מתקן אינן רלוונטיות (Barnett, 2006). לאחר הפעילות הראשונית ו"הנזק" שנוצר, מתחיל תהליך התאמה, אשר בהמשך מקטין את הנזק החוזר לסרקומרים כשהפעילות מחוללת הנזק חוזרת על עצמה (Proske & Morgan, 2001; Bobbert, Hollander & Huijing, 1986).

מסקירותיהם של הנסקה ולין (Henschke & Lin, 2011) ושל הרברט ועמיתיו (Herbert et al., 2011) עולה כי כל המחקרים, בהם מחקר שכלל 2,377 משתתפים (Jamtvedt et al., 2010), מצביעים על כך שלא ניתן לבסס קשר בין ביצוע תרגילי מתיחות כלשהם - לפני פעילות או לאחריה - לבין מניעת DOMS או הפחתתם. מקגרת' ועמיתיו (Mcgrath, Whitehead, 2014) מוסיפים שגם מתיחות בשיטת PNF לאחר פעילות גופנית, אין בהן כדי

למנוע DOMS, והן אף עלולות להוסיף על הנזק האמור, ולהגביר את הגודש הדלקתי היוצר את הכאב.

טורס ועמיתיו (Torres, Ribeiro, Duarte & Cabri., 2012) בחנו 35 מחקרים שעסקו בארבע דרכים להפחתת כאבי שרירים ביום שלמחרת (בטווח של 24 שעות מתום הפעילות): מסז', טיפול בקרח, מתיחות ופעילות בעצימות נמוכה. החוקרים ביקשו לבחון אילו מההתערבויות עשויות להחיש את מהירות ההחלמה/התאוששות מהמאמץ ואת יעילותה. מבין הארבע נמצא שרק המסז' תרם תרומה חיובית להתאוששות. ברנט (Barnett, 2006) אף מוסיף שמתחות לאחר פעילות גופנית אינן מחישות את קצב ההתאוששות לקראת הפעילות הבאה, ואין לראות בהן אמצעי לפיזור גודש הנוצר בשריר והמשפיע על היווצרות DOMS.

מתיחות סטטיות לעומת מתיחות דינמיות

בניגוד למתיחות הבליסטיות, אשר מותחות במהירות את השריר במעין מכה ומפעילות את כישורי השריר אשר בקשת הרפלקס ההגנתית וגורמות להתכווצות נגדית של השריר (Eldred, 1953), המתיחות הדינמיות מתבצעות כמתיחות סטטיות הנמשכות כשנייה או שתיים בלבד, לאחר מכן הרפיה קלה, וחוזר חלילה. מתיחות דינמיות מתבצעות כ-12-15 פעמים לכל סט מתיחות. המתיחות הדינמיות מביאות לשהיות קצרות במצב חוסר הנוחות או הכאב בשריר, בניגוד לשהייה הארוכה והמתמשכת שבמתיחה הסטטית (Fletcher & Bethan, 2004). במחקרים רבים נבחנה השפעתן של המתיחות הדינמיות בהשוואה למתיחות הסטטיות. בניגוד לממצאים החד-משמעיים בדבר הפגיעה בהפקת הכוח בשריר לאחר ביצוע מתיחות סטטיות ארוכות ובסמיכות אליהן, הממצאים לגבי השפעת המתיחות הדינמיות אינם חד-משמעיים.

נידהם ועמיתיו (Needham, Morse & Degens, 2009), מצאו שיפור ביכולת בספרינטים לעשרה מטרים ול-20 מטרים ובניתורי CMJ, לאחר מתיחות דינמיות ולאחר פעילות בעלת אופי של כוח, בניגוד לחוסר שיפור במדדים לאחר מתיחות סטטיות. פלצ'ר ובת'ן (Fletcher & Bethan, 2004) מצאו ירידה במהירות ריצה ל-20 מטרים בקרב שחקני רוגבי חובבנים לאחר מתיחות סטטיות, אישינוי במהירות לאחר מתיחות דינמיות ושיפור במהירות לאחר פעילות דינמית בטווחי תנועה גדולים (טכניקה של ריצה). הרדה ועמיתיו (Herda et al., 2008) עסקו בהבדל שבהשפעת מתיחות סטטיות או דינמיות על הפקת הכוח המרבי של שריר פושטי הירך (Hamstring). המתיחות הסטטיות הפחיתו הפקת כוח מרבי של השריר, והמתיחות הדינמיות לא הפחיתו את עוצמתו, אם כי גם לא שיפרו אותו.

לתוצאות שונות במקצת הגיעו ימאגוצ'י ועמיתיו (Yamaguchi et al., 2005), אשר בחנו הפקת כוח בעת פשיטת הרגל לאחר פרוטוקולים של מתיחות סטטיות, מתיחות דינמיות והיעדר מתיחות. הממצאים הראו שמתיחות דינמיות סייעו להפקת הכוח בשרירים הפושטים, לעומת המתיחות הסטטיות והיעדר המתיחות, שהפחיתו מעוצמת השריר. בהם וצ'ואצ'י (Behm & Chaouachi, 2011) טוענים שהחימום המיטבי צריך להיות מורכב מפעילות אירובית בעצימות תת-מרבית, לאחריה מגוון רחב של מתיחות דינמיות, ולבסוף השלמת החימום בתרגילים ייעודיים לענף הספורט או הפעילות המסוימים. הם מציינים שמטרת המתיחות הדינמיות היא רק הגברת הפקת הכוח, ולא הגדלת טווח התנועה במפרק.

פירס ועמיתיו (Pearce, Kidgell, Zois & Carlson, 2009) מערערים במקצת את קביעתם של בהם וצ'ואצ'י (Behm & Chaouachi, 2011). הם בחנו את השפעתו של ביצוע מתיחות לאחר פעילות ראשונית עיקרית (שלאחר החימום) ולפני פעילות משנית עיקרית. בין ניתורי CMJ שנבחנו מיד לאחר שני סוגי המתיחות, נמצא שאלו שלאחר המתיחות הסטטיות היו נמוכים יותר, ואלו שבוצעו לאחר המתיחות הדינמיות היו גבוהים יותר - בהבדל של 10.7%. ואולם הניתורים שלאחר הפעילות הדינמית ללא המתיחות, שבוצעה כטכניקה של ריצה, היו גבוהים אף יותר מאלו שלאחר המתיחות הדינמיות. החוקרים אמנם אינם מפחיתים מערכן של המתיחות הדינמיות בהשוואה למתיחות הסטטיות, אך מדגישים את תרומתה של הפעילות הדינמית כהכנה מיטבית לפעילות הדורשת הפקת כוח.

הוף ועמיתיו (Hough, Ross, & Howatson, 2009), בחנו השפעת מתיחות על הפקת הכוח המרבי בשריר ארבעת הראשים באמצעות EMG וגובה ניתור, שבו שותף השריר. הפרוטוקולים של המתיחות כללו: מתיחות סטטיות ארוכות (30 שניות) בכל שרירי הרגליים, מתיחות דינמיות (15 ניעות חוזרות ונשנות אל מתח חוסר הנוחות בשריר במהירויות משתנות, מאיטיות למהירות) ואי-ביצוע מתיחות, שבמקומן בוצעו שלושה ניתורים לא רצופים לגובה. החימום שלפני המתיחות כלל חמש דקות של רכיבה על אופניים ארגומטריות בקצב מתון/בינוני.

התוצאות הראו ירידה משמעותית ביכולת הפקת הכוח המרבית ובגובה הניתור לאחר המתיחות הסטטיות ושיפור כשבמקום מתיחות בוצעו ניתורים. העלייה המשמעותית ביותר ב-EMG ובגובה הניתור נתקבלה לאחר המתיחות הדינמיות. ממצא זה נמצא בהלימה עם ממצאים הנוגעים לשיפור בהפקת הכוח המרבי של השרירים פושטי הרגליים (Yamaguchi, Ishii, Yamanaka, & Yasuda, 2007), שיפור במהירות הריצה (Fletcher & Bethan, 2004) ושיפור בגובה הניתור (Cornwell, Nelson, Heise & Sidaway., 2003; Kokkonen et al., 1998; Wallmann, Mercer & McWhorter, 2005).

הוף ועמיתיו (Hough et al., 2009), משווים את אפקט השיפור בגובה הניתור לאחר המתיחות הדינמיות לאפקט ה-PAP. PAP (Postactivation-Potential) מכון לכך שבמקום היווצרות עייפות (Fatigue) לאחר התכווצות קונצנטרית בהתנגדות מתישה של RM3 או פחות, לדוגמה, בעת ביצוע סקוויסים בהתנגדות שכזו, מתרחשת דווקא התעצמות ביכולת הפקת כוח (Potentiation) דקות ספורות לאחר המאמץ המתיש. ההסבר לכך קשור בסיבות הבאות: ראשית, שיפור ביעילות ייצור ATP במסלול האנרגיה הפוספוגני (Hodgson, ATP-CP) (Docherty & Robbins, 2005); ושנית, הגברת גיוס יחידות מוטוריות מהירות (Fast Twitch b) וייעול כל המערך האלקטרוכימי (העצבי) הכרוך בגיוס (Enoka, 2002; Aagaard, 2003; Simonsen, Andersen, Magnusson & Dyhre-Poulsen, 2002).

דיון ומסקנות

מתיחת שרירים, כמרכיב בפעילות הגופנית שנדרשת בה הפקת כוח מרבי ותת־מרבי בשריר, שנויה במחלוקת. מצד אחד מתיחות סטטיות ארוכות, שמשכן 30 שניות ומעלה למערכה, ובכללן PNF, משפיעות משמעותית על הגדלת טווח התנועה במפרקים (Sharman et al., 2001; Church et al., 2007; Bradley et al., 2005; Marek et al., 2006). דבר זה חשוב גם מן ההיבט הבריאותי ארוך הטווח וגם משום חשיבותם של טווחי התנועה הגדולים המאפיינים ענפי פעילות כמו התעמלות על גוניה השונים, בלט, תחומים שונים באתלטיקה, אמנויות הלחימה, מקצועות הקרב ועוד (Behm & Chaouachi, 2011).

לעומת זאת, ככל שבעת המתיחה מתארכת השהייה במצב חוסר הנוחות או הכאב, או ככל שמתרבות מערכות המתיחה והן מתבצעות בסמיכות לפעילות הייעודית, כך פוחתת יכולת הפקת הכוח המרבי בשריר הנמתח. הדבר משמעותי בעיקר בפעילות שמאופיינת בהפקת כוח מרבי וכוח מתפרץ - המתבטאת בדרך כלל בנייתור ובריצה מהירה, וגם בעת הפקת כוח תת־מרבי - המתבטא לדוגמה בריצה ארוכה (Behm et al., 2001; Young and Behm., 2003; Cramer et al., 2007; Sim et al., 2009; Kokkonen et al., 1998; Bradley et al., 2007; Wilson et al., 2010).

רוב המחקרים שנסקרו כאן, ושנוגעים להשפעתן השלילית, בחנו מתיחות סטטיות ארוכות שמשכן 30 שניות ומעלה למערכה. חקר מועט בהיקפו הוקדש להשפעת זמן המערכה המתקצר (פחות מ־30 שניות) על הפקת כוח מרבי בשריר (Simic et al., 2013). בכל זאת, ממחקר שבחן כמה מערכות של מתיחות סטטיות שמשכן 15 שניות כל אחת, עולים הממצאים הבאים: ככל שעלה מספר המערכות הקצרות, השפעתן השלילית גברה ודמתה להשפעת מתיחות סטטיות ארוכות; וככל שהופחת מספר המערכות, ההפרעה במיצוי פוטנציאל הניתור לגובה פחתה, אך גם לא הועילה להגברת הפקת הכוח בשריר (Robbins & Scheuermann, 2008).

השפעה נוספת על תפקוד שרירי, אם כי לא בהכרח ממתנת, נתגלתה בנוגע לקשר בין מתיחות סטטיות הנערכות בסמיכות לתפקודי שיווי משקל. אמנם מערכות ארוכות של מתיחות סטטיות שמשכן למעלה מחצי דקה לא מיתנו באופן מובהק תפקודים אלה, אך גם לא שיפרו אותם. לעומת זאת, כאשר לפני ביצוע הדורש שיווי משקל, בוצעו מתיחות סטטיות שמשכן 15 שניות, הושג שיפור בתפקוד, אך באופן דומה לשיפור שהושג לאחר שלא בוצעו מתיחות כלל (Behm et al., 2009; Costa et al., 2004). הממצאים הנוגעים לכך מעמידים בספק את נחיצותן של מתיחות סטטיות בסמיכות לפעילות הדורשת שיווי משקל ותפקודים פרופריוצפטיים (Evangelos et al., 2012), אשר הכרחיים במגוון עצום של ענפי ספורט ופעילויות גופניות שונות.

באשר למניעת פציעות, בניגוד להנחה הישנה, שעל פיה ביצוע מתיחות לפני פעילות גופנית מפחית את הסיכוי לפציעת שריר או גיד [מתיחת יתר (strain) או קרע], עולה מסקירה זו כי אין אמירה חד-משמעית בנוגע לקשר בין ביצוע מתיחות מכל סוג ומניעת פציעות. חלק מהחוקרים טוענים שהסיכון לפציעת שריר זהה בין אם נערך פרק מתיחות בחימום ובין אם לאו (Pope et al., 2012; Thacker et al., 2004; Pereles et al., 2000; al., 2000), ושאפילו תיתכן הגדלה של הסיכון לפציעה כתוצאה משגרת מתיחות סטטיות לפני פעילות הדורשת הפקת כוח מרבי בשריר (Gabbe et al., 2006). לעומתם, חלק מהחוקרים טוענים להיתכנותו של קשר למניעת פציעות,

אך גם מציינים כי נחוץ מחקר נוסף בסוגיה. זאת משום שלפציעת שריר או מפרק ישנן סיבות מגוונות, וייתכן שהגדלת טווח תנועה במפרק תקטין היתכנותן של פציעות מסוימות בענפי ספורט מסוימים (McHugh et al., 2010). גם ההנחה שביצוע מתיחות לפני פעילות מאומצת או אחריה עשוי למנוע או להקל את ה-DOMS, התבררה כלא נכונה (Henschke & Lin, 2011; Herbert et al., 2011).

המתיחות הדינמיות, אשר להן הוקדש מחקר מקיף, נמצאו כבעלות השפעה הנעה בין ניטרלית לבין תורמת לשיפור בהפקת הכוח המרבי של השריר (Herda et al., 2008; Fletcher & Bethan, 2004; Yamaguchi et al., 2005; Behm & Chaouachi, 2011; Pearce et al., 2009; Hough et al., 2009). ואולם המתיחות הדינמיות, גם כאשר תרמו לשיפור בהפקת כוח, לא תמיד נמצאו בעלות תרומה רבה יותר מזו של חימום דינמי, כגון ביצועים שונים של טכניקת ריצה על מקטע של כ-20 מטרים (Pearce et al., 2009). בפעמים שבהן המתיחות הדינמיות נמצאו תורמות יותר ממה שהוגדר כ"לא מתיחות" היו האחרונות רק פעילות דינמית קלה, שתורמתה כחימום יעיל, מוטלת בספק (Hough et al., 2009).

הממצאים של פירס ואחרים (Pearce et al., 2009), העוסקים בהשפעת פעילות דינמית על גובה הניתור, תומכים גם באלו של פלצ'ר ובת'אן (Fletcher & Bethan, 2004), שמצאו כי ביצועים דינמיים בטווחי תנועה גדולים סייעו להגברת מהירות הריצה. כל אלה מעלים שוב את השאלה בדבר נחיצותן של כל סוגי המתיחות כהכנה למיצוי יעיל של הפקת כוח בשריר בפעילות ייעודית כלשהי, ואין הדבר מורה על ביטולן של המתיחות הדינמיות, אלא רק מדגיש את הצורך בהרחבת המחקר בעניין. בכלל זה יש לבחון את השאלות, האם המתיחות הדינמיות הן גם החימום הטוב ביותר למיצוי מקסימלי של הפקת הכוח בשריר? והאם הן אכן משתוות לאפקט ה-PAP (Hough et al., 2009) ככל שמדובר בפעילות כמו ריצה מהירה או ניתור?

לסיכום, המתיחות הסטטיות הארוכות, הנמשכות 30 שניות ומעלה למערכה, אכן משפרות טווח תנועה במפרקים (גמישות) ואולם הן פוגעות בהפקת הכוח של השריר אם מתבצעות לפני פעילות המאופיינת בכך ובסמיכות אליה. כאשר זמן מערכת המתיחות מתקצר, ההשפעה השלילית פוחתת, אך גם ההשפעה על הגדלת טווח התנועה פוחתת. לפיכך, לא מומלץ לבצע מתיחות סטטיות כחלק מתהליך החימום או ההכנה לפעילות שיש בה מרכיבים של כוח. מתיחות בסופה של פעילות אפשריות לצורך הגדלת טווח התנועה, אך יש להביא בחשבון שאם ישנה עייפות כתוצאה מפעילות מתישה, הדבר עלול לגרום למתיחת יתר ולנזק, ולכן יש לנקוט זהירות. יתרה מכך, מאחר שלא נמצא קשר בין ביצוע מתיחות למניעת DOMS (המכונות "התכווצויות שרירים"), הרי שעדיף להקדיש למתיחות ולהגדלת טווח התנועה אימון העומד בפני עצמו, שלפניו יתקיים חימום דינמי ארוך, שאינו מתבצע כלאחר יד.

בענפי הפעילות שבהם נדרש טווח תנועה גדול במפרקים, ניתן לבצע מתיחות דינמיות כחלק ממערך החימום, אך יש לזכור שמתחיות כאלה בלבד אינן תחליף לאימון נפרד של מתיחות סטטיות ארוכות, ולא יתרמו להגדלה מתמשכת של טווח התנועה. מטרת המתיחות הדינמיות היא יצירת שיפור בהפקת הכוח של השריר בפעילות הייעודית, אף שאין הדבר חד-משמעי. אם מבצעים מתיחות דינמיות לפני פעילות הדורשת גם הפקת כוח מרבי וגם טווח תנועה גדול במפרקים, מומלץ לבצען כאשר בינן לבין הפעילות הייעודית מתבצעת פעילות דינמית עצימה.

ביבליוגרפיה

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and sport sciences reviews*, 31(2), 61-67.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. *Journal of Applied Physiology*, 92(6), 2309-2318.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. *Sports medicine*, 36(9), 781-796.
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2633-2651.
- Behm, D. G., Bambury, A., Cahill, F., & Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 1397-1402.
- Behm, D. G., Button, D. C., & Butt, J. C. (2001). Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(3), 262-272.
- Bobbett, M. F., Hollander, A. P., & Huijing, P. A. (1986). Factors in delayed onset muscular soreness. *Med Sci Sports Exerc*, 18, 75-81.
- Bosco, C., ATTERI, F., FEKETE, G., APOR, P., & RUSKO, H. (1986). The effect of fatigue on store and re-use of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. *Acta Physiologica*, 128(1), 109-117.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V., & Luhtanen, P. (1982). Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica*, 114(4), 557-565.
- Bradley, P. S., Olsen, P. D., & Portas, M. D. (2007). The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 223-226.
- Church, J. B., Wiggins, M. S., Moode, F. M., & Crist, R. (2001). Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(3), 332-336.
- Costa, P. B., Graves, B. S., Whitehurst, M., & Jacobs, P. L. (2009). The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 141-147.

- Cornwell, A., Nelson, A. G., Heise, G. D., & Sidaway, B. (2001). Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. *Journal of Human Movement Studies*, 40(4), 307-324.
- Cramer, J. T., Beck, T. W., Housh, T. J., Massey, L. L., Marek, S. M., Danglemeier, S., Purkayastha S, Culbertson JY, Fitz KA & Egan, A. D. (2007). Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle-torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. *Journal of sports sciences*, 25(6), 687-698.
- De Vries, H. A. (1966). Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 45(3), 119-134.
- Eldred, E., Granit, R., & Merton, P. A. (1953). Supraspinal control of the muscle spindles and its significance. *The Journal of physiology*, 122(3), 498.
- Enoka R. (2002). *Neuromechanics of human movement*. 3rd ed. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Evangelos, B., Georgios, K., Konstantinos, A., Gissis, I., Papadopoulos, C., & Aristomenis, S. (2012). Proprioception and balance training can improve amateur soccer players' technical skills. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(1), 81.
- Evetovich, T. K., Nauman, N. J., Conley, D. S., & Todd, J. B. (2003). Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(3), 484-488.
- Fletcher, I. M., & Jones, B. (2004). The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 885-888.
- Gabbe, B. J., Bennell, K. L., Finch, C. F., Wajswelner, H., & Orchard, J. W. (2006). Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 16(1), 7-13.
- Henschke, N., & Lin, C. C. (2011). Stretching before or after exercise does not reduce delayed-onset muscle soreness. *British Journal of sports medicine*, 45(15), 1249-1250.
- Herbert, R. D., & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *Bmj*, 325(7362), 468.
- Herbert RD, de Noronha M, Kamper SJ (2011) Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev* 7, CD004577.

- Herda, T. J., Cramer, J. T., Ryan, E. D., McHugh, M. P., & Stout, J. R. (2008). Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 809-817.
- Hindle, K. B., Whitcomb, T. J., Briggs, W. O., & Hong, J. (2012). Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of human kinetics*, 31, 105.
- Hodgson M, Docherty D, Robbins D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Med*; 35(7):585-595.
- Hough, P. A., Ross, E. Z., & Howatson, G. (2009). Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 507-512.
- Jamtvedt, G., Herbert, R. D., Flottorp, S., Odgaard-Jensen, J., Håvelsrud, K., Barratt, A., ... & Oxman, A. D. (2010). A pragmatic randomised trial of stretching before and after physical activity to prevent injury and soreness. *British journal of sports medicine*, 44(14), 1002-1009.
- Kokkonen, J., Nelson, A. G., & Cornwell, A. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 69(4), 411-415.
- La Torre, A., Castagna, C., Gervasoni, E., Cè, E., Rampichini, S., Ferrarin, M., & Merati, G. (2010). Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 687-694.
- Marek, S. M., Cramer, J. T., Fincher, A. L., & Massey, L. L. (2005). Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *Journal of Athletic Training*, 40(2), 94.
- McGRATH, R. P., Whitehead, J. R., & Caine, D. J. (2014). The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on post-exercise delayed onset muscle soreness in young adults. *International journal of exercise science*, 7(1), 14.
- McHugh, M. P., & Cosgrave, C. H. (2010). To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(2), 169-181.
- Needham, R. A., Morse, C. I., & Degens, H. (2009). The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2614-2620.

- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries. *Sports Medicine*, 42(3), 209-226.
- Pearce, A. J., Kidgell, D. J., Zois, J., & Carlson, J. S. (2009). Effects of secondary warm up following stretching. *European journal of applied physiology*, 105(2), 175-183.
- Pereles, D., Roth, A., & Thompson, D. (2012). A Large, Randomized, Prospective Study of the Impact of a Pre-Run Stretch on the Risk of Injury on Teenage and Older Runners.
- Pope, R. P., Herbert, R. D., Kirwan, J. D., & Graham, B. J. (2000). A randomized trial of preexercise stretching for prevention of lower-limb injury. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(2), 271-277.
- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of physiology*, 537(2), 333-345.
- Robbins, J. W., & Scheuermann, B. W. (2008). Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 781-786.
- Rosenbaum, D., & Hennig, E. M. (1995). The influence of stretching and warm-up exercises on Achilles tendon reflex activity. *Journal of sports sciences*, 13(6), 481-490.
- Sharman, M. J., Cresswell, A. G., & Riek, S. (2006). Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Sports Medicine*, 36(11), 929-939.
- Shield, A., & Zhou, S. (2004). Assessing voluntary muscle activation with the twitch interpolation technique. *Sports Medicine*, 34(4), 253-267.
- Sim, A. Y., Dawson, B. T., Guelfi, K. J., Wallman, K. E., & Young, W. B. (2009). Effects of static stretching in warm-up on repeated sprint performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 2155-2162.
- Simic, L., Sarabon, N., & Markovic, G. (2013). Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), 131-148.
- Thacker, S. B., Gilchrist, J., Stroup, D. F., & Kimsey Jr, C. D. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 371-378.
- Torres, R., Ribeiro, F., Duarte, J. A., & Cabri, J. M. (2012). Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 101-114.

- Turner, A. N., & Jeffreys, I. (2010). The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 87-99.
- Wallmann, H. W., Mercer, J. A., & McWhorter, J. W. (2005). Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 684-688.
- Wilson, G. J., Murphy, A. J., & Pryor, J. F. (1994). Musculotendinous stiffness: its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *Journal of applied physiology*, 76(6), 2714-2719.
- Wilson, J. M., Hornbuckle, L. M., Kim, J. S., Ugrinowitsch, C., Lee, S. R., Zourdos, M. C., Sommer, B., & Palton, L. B. (2010). Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2274-2279.
- Yamaguchi, T., & Ishii, K. (2005). Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 677-683.
- Yamaguchi, T., Ishii, K., Yamanaka, M., & Yasuda, K. (2007). Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1238-1244.
- Young, W. B., & Behm, D. G. (2002). Should Static Stretching Be Used During a Warm-Up for Strength and Power Activities?. *Strength & Conditioning Journal*, 24(6), 33-37.
- Young, W. B., & Behm, D. G. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(1), 21.