השפעת "חזרה מרבית" (RM) שונה על היבטים פיזיולוגיים שונים

מאור פיינשטיין, איל ויסבליט ורון מור

תקציר

קצב פעימות הלב, לחץ הדם ורמת חומצת החלב (לקטט) בגוף משתנים במהלך פעילות גופנית, בהתאם לאופי הפעילות. את אופי הפעילות קובעת, בין היתר, "חזרה מרבית" (RM - Repetition Maximum), שהיא מספר החזרות המקסימאלי שאדם יכול לבצע בתרגיל מסוים, כנגד משקל נתון. יש סברות שונות לגבי מספר החזרות ועצימות האימון שיש לבצע על מנת לקבל תוצאות מיטיבות ובטוחות. במחקר הנוכחי נבדקה ההשערה שביצוע תרגילים עם מספר חזרות מועט ובהתנגדות גדולה יגרום לתגובות פיזיולוגיות מתונות יותר אצל המתאמן לעומת ביצוע תרגילים עם מספר חזרות רב אך בהתנגדות קטנה יותר. לשם כך נבדקו מדדי קצב פעימות הלב, לחץ הדם ורמות הלקטט בדם אצל 23 סטודנטים לחינוך גופני, במהלך ביצוע תרגיל פשיטת ברכיים כנגד מכונה ייעודית בחדר הכושר, בשני פרוטוקולי אימון: RM10 ו־RM20. כל נבדק נבחן בארבעה ניסיונות במצב RM10, ושבוע לאחר מכן בארבעה ניסיונות במצב RM20. בין כל אחד מארבעת הניסיונות הייתה דקת מנוחה. מדידות נעשו במנוחה, ובתום 3 דקות ו־5 דקות מסיום כל ניסיון.

תוצאות המחקר מראות שלמעט חלק ממדידות לחץ הדם הדיאסטולי יש הבדל מובהק בכל המדדים בין שתי שיטות האימון. נמצא שלביצוע תרגיל ב־RM10 יתרון בשמירה על מדדים נמוכים יחסית, אשר עשויים להיטיב עם מתאמנים מבחינה פיזיולוגית, בזמן ביצוע התרגיל ולאחריו. ממצאי המחקר הנוכחי מצביעים על כך שמתאמנים יחידים יכולים להיתרם מפרוטוקולי אימון המותאמים להם במיוחד. על מאמנים ומתאמנים באימוני התנגדות לקחת בחשבון את ממצאי המחקר הנוכחי כדי לבנות תוכנית אימון אשר תיטיב עם המתאמנים.

מילות מפתח: **אימוני התנגדות, קצב לב, לחץ דם, רמת לקטט בדם**

סקירת ספרות

השפעות אימוני התנגדות על היבטים פיזיולוגיים כרוניים

באימוני התנגדות, מכיוון שיש התגייסות של יחידות מוטוריות, מסת השריר המופעלת יוצרת עלייה בלחץ הדם הסיסטולי והדיאסטולי. מידת העלייה בלחץ הדם תלויה במספר השרירים הפעילים ובעצימות המאמץ היחסית, ולא בהכרח בכוח המוחלט שהופעל באימון. מאמץ בעצימות גבוהה - הכולל מספר חזרות מועט כנגד משקל כבד עד הגעה לכישלון או מספר חזרות רב במשקל קל - יגרור עלייה ניכרת בלחץ הדם. במטא-אנליזה, שסיכמה תשעה מחקרים שנערכו בנושא, נמצא שיפור במדדי לחץ הדם (ירידה) עקב אימוני התנגדות לאורך זמן. תרגילי הכוח, שכללו את פעולת ולסלבה (הכנסת אוויר לריאות תוך פעולת מאמץ ללא שחרור האוויר), גרמו לעלייה אקוטית במדדי לחץ הדם הסיסטולי והדיאסטולי. אצל אנשים בריאים נתונים אלה אינם מהווים בעיה קריטית, אך יש לקחת בחשבון את הסיכונים הכרוכים בכך אצל אנשים המועדים לשבץ מוחי, חולי סוכרת או הסובלים מבעיות הקשורות ליתר לחץ דם. לאנשים אלה מומלצים אימוני התנגדות בעוצמה נמוכה (קונסטנטיני, 2010).

במטא-אנליזה אחרת (Smart et al., 2020), שבדקה את השפעות אימוני התנגדות איזומטריים (ללא שינוי באורך השריר בזמן התרגיל) על יתר לחץ דם, נמצא כי אימונים איזומטריים של שמונה דקות, שלוש פעמים בשבוע, יכולים להוריד את לחץ הדם הסיסטולי של המטופלים ב־6-7 מילימטר כספית - תוצאה הדומה להשפעת תרופה להורדת לחץ דם. סקירת מאמרים (Ebben & Leigh, 2006) מראה כי בעקבות אימוני התנגדות המבוצעים לאורך זמן חל שיפור בתפקודים קרדיווסקולריים, כגון: נפח פעימה גדול יותר, ירידה בקצב הלב בזמן מנוחה ובזמן אימון, וירידה בלחץ הדם. בנוסף, נמצאו שיפורים בכוח שרירי ובסיבולת שרירית, ויכולת תפקוד גבוהה יותר.

במחקר שנערך על אימוני התנגדות בקרב חולי סוכרת (Bacchi et al., 2012), נרשמו ירידה קלה במשקל והיצרות היקפים במותניים, ירידה בכלל השומן ובשומן התוך בטני, וכן עלייה במסת שריר נקייה באזור הגפיים, בממוצע של 0.8 ק"ג. בבדיקת MRI נמצאה ירידה ברמות השומן התוך-בטני והתת-עורי. באופן כללי, הירידה בשומן התוך-בטני הייתה גדולה יותר מזה התת-עורי.

זיו (2006) מתאר כי לאימוני התנגדות יש יתרונות ברורים בשיפור מצבם הפיזיולוגי של מבוגרים, ומציין שפעילות גופנית מבוקרת מסייעת במיתון לחץ הדם, גורמת לשיפור בתפקוד המערכת הקרדיווסקולרית לטווח הארוך ולחיזוק הלב, וכן כלי הדם אצל מאומנים מתרבים ונעשים חסומים פחות בהשוואה ללא מאומנים. בנוסף, נשמר משקל גוף תקין ומסת השומן יורדת, ובכך מופחת העומס על מערכות כלי הדם, הלב, הנשימה והשלד.

תפקוד הלב באימוני התנגדות

נמצא שאימון התנגדות תורם לבנייה טובה של שריר הלב אצל חולים במחלות לב וכלי דם (Meyer et al., 1999). לאורך זמן גורם האימון לשיפור בתפקוד שריר הלב, בנפח הפעימה, בקצב הלב ובלחץ הדם (Helleker, 2003). בעבר הייתה מקובלת ההנחה שאימון מסוג זה גורם לעומס על הלב ואינו בריא לאוכלוסייה בסיכון כיוון שכיווץ השרירים גורם להצרת כלי הדם ולעלייה בלחץ הדם, ועלול אף לגרום לקרע עורקי או למפרצת (Ebben & Leigh, 2006). מטא-האנליזה של ג'וויס ועמיתיו (Jewiss et al., 2016) מראה כי לפי מחקרים רבים אימוני התנגדות בטוחים מבחינה זו, ואינם גורמים נזק לבבי. נמצא שבקרב מטופלי כשל לבבי אימוני התנגדות תורמים לשיפור צריכת חמצן, לשיפור אורח החיים ולהטבה בפעילויות יומיומיות. יתרה מכך, אימוני ההתנגדות משפרים את הכוח ואת סיבולת השריר (Ebben & Leigh, 2006) ובכך עשויים להיות פתרון מצוין לחולים החוששים ממאמצים אירוביים. במחקר שערכו אבולהררי-שירזי ועמיתיו (Abolahrari-Shirazi et al., 2019) ביצעו מטופלים אימוני התנגדות של שרירי הגוף. האימונים כללו מספר תרגילים בעוצמה ראשונית של מ־40% מחזרה מרבית אחת (RM1), וההתנגדות הועלתה בהדרגה ל־60% RM1. המטופלים ביצעו את התרגילים בשני סטים של עשר חזרות בכל אחד מהאימונים. ממצאי המחקר הראו כי כל המשתתפים השלימו את המחקר ללא תופעות לוואי חמורות. הצטמצמות מוקדמת של חדרי הלב נרשמה בשישה חולים, ושיפור ניכר נרשם אצל משתתפי המחקר בערכי NT-proBNP, המנבאים שינויים ביולוגיים אצל חולי אי ספיקת לב.

שונות בקצב הלב, או HRV (Heart Rate Variability), הוא מדד חשוב לבדיקת תפקוד המערכת הקרדיווסקולרית; HRV גבוה מעיד על תקינות מערכת העצבים האוטונומית של הלב, ועל סיכון נמוך ללקות במחלות קרדיווסקולריות. מחקרים רבים (Dellal, et al., 2015; Nakamura, et al., 2015; Vilamitjana et al., 2014) מראים כי פעילות גופנית משפיעה על ויסות HRV. במחקרם של פורטס ועמיתיו (Fortes et al., 2017) נבדקה השפעת אימון ההתנגדות בלבד על HRV. הנבדקים ביצעו סדרה של אימוני התנגדות שלוש פעמים בשבוע, לאורך תקופה של שמונה שבועות, עם הפסקה של 48 שעות לפחות בין אימונים. בכל אימון ביצעו הנבדקים שלושה סטים לכל תרגיל, בכל סט שמונה חזרות, בהתנגדות של 75% ממקסימום יכולת (RM1). תוצאות המחקר הראו כי היה שיפור ב־HRV אצל הנבדקים אשר ביצעו את אימוני ההתנגדות.

וויקוואייר ועמיתיו (Wickwire et al., 2009) השוו במחקרם את לחץ הדם וקצב הלב בין שני פרוטוקולי אימון התנגדות: בראשון ביצעו הנבדקים חזרות איטיות עם התנגדות של 40% מ־RM1, ובשני ביצעו הנבדקים חזרות בקצב רגיל עם התנגדות של 65% מ־RM1. הנבדקים ביצעו את מספר החזרות הרב ביותר שיכלו באותה רמת התנגדות. לא נמצאו הבדלים בלחץ הדם בין שתי הקבוצות. לעומת זאת, ובניגוד למחקרם של פורטס ועמיתיו (Fortes et al., 2017), קצב הלב בקרב המתאמנים בקבוצה שביצעה חזרות בקצב רגיל ובהתנגדות של 65% מ־RM1 עלה יותר בהשוואה למתאמנים בקבוצה שביצעה חזרות איטיות במשקל קל יותר, כנראה כתוצאה מהמשקל הכבד שהיו צריכים להרים ביחס לקבוצה הראשונה.

השפעת עצימות אימון ההתנגדות על היבטים פיזיולוגיים

לעצימות האימון השפעות שונות על הפיזיולוגיה, ויש להן חשיבות יתרה באימון אנשים בקבוצות סיכון. זיו (2006) מסביר בספרו שלקשישים בעלי סיכונים בריאותיים עדיף אימון כוח בהתנגדות של40%-30% מ־RM1, כלומר כעשרים חזרות ממקסימום יכולת (RM20). לטענתו, אימון בעצימות גבוהה מסכן את בריאות המבוגרים. נוסף לכך טוען זיו כי אופן האימון חשוב גם הוא, ויש להתאים את המשקל ואת מספר החזרות למתאמן כך שיצליח להרים את המשקולת. מספר מחקרים תומכים בטענתו של זיו כי לאוכלוסייה המבוגרת עדיפים תרגילי התנגדות בעצימות של 50% מ־RM1 (לפחות בהתחלה), לצורך שמירה על מדדים פיזיולוגיים נמוכים בזמן האימון (McCartney et al., 1996; Taaffe et al., 1996; Tan et al., 2012).

לעומת זאת, לפי אלבוים-גביזון (2016), נמצא שסדרת תרגילים מצומצמת, בעלת מספר חזרות מועט ובהתנגדות גדולה (70% מ־RM1 ומעלה), מורידה את רמת האינסולין בדם. במחקר נוסף, שבוצע על חולי סוכרת (Bacchi et al., 2012), קבוצה אחת ביצעה תרגילי כוח שונים על מכונות ומשקולות חופשיות. בכל אימון ביצע כל משתתף תשעה תרגילים שונים, אשר כללו את קבוצות השרירים הגדולות, בעומס אשר עלה בהדרגה ל־80%-70% מ־RM1. התוצאה העיקרית הייתה שינוי ברמת ה-HBA1c (המוגלובין מסוכרר). התוצאות המשניות היו: שינויים ברגישות לאינסולין, בתפקוד תאי הבטא, בסיבולת לב ריאה, בכוח שריר, בקומפוזיציית גוף, ובפרופיל המטבולי. לפי ויינשלבוים(2008) ההמלצה לאוכלוסייה הכללית היא לבצע 8-15 חזרות (80%-65% מ־RM1), ולשלב בכל סט קבוצות שרירים גדולות. לשיטתו, בכל סט, יש לבצע את החזרות עד להגעה לעייפות רצונית או עד 2-3 לפני עייפות זו. עמדה זו נחשבת ניטרלית יחסית,

ואינה נוטה למספר חזרות מועט או רב, אלא למספר חזרות ממוצע. כמו כן טוען ויינשלבוים כי יש צורך להתחשב ביכולתו של הפרט, ולהגביר או להפחית את העצימות בהתאם.

למדידת לחץ דם יש חשיבות רבה בהתאמת אימון בשיטת תרגילים מסוימת לאנשים בעלי מחלת לחץ דם. במרבית המחקרים (Fisher, 2001; Hardy & Tucker, 1998; Hill et al., 1989; Polito & Farinatti, 2006; Rezk et al., 2006; Simao et al., 2005) החוקרים מצאו לנכון לבחור בשיטת אימון של 12-18 חזרות. עם זאת, בתרגילים שביצעו הנבדקים השתתפו כל קבוצות השרירים, ועקב השונות במסת השריר של הנבדקים קיים שוני בתוצאות. לשם כך ערכו פוליטו ופרינאטי (Polito & Farinatti, 2009) מחקר, שבו שתי קבוצות נבדקים ביצעו מספר סטים שונה, תוך הפרדה בין שיתוף של קבוצת שרירים קטנים לקבוצת שרירים גדולים. הנבדקים ביצעו שישה ועשרה סטים לכל קבוצת שרירים ב־RM12, בימים מתחלפים. התוצאות הראו כי באימוני התנגדות לחץ הדם יורד ככל שזמן האימון מתארך ומספר הסטים עולה, עקב התרחבות כלי הדם. הירידה הגדולה ביותר בלחץ הדם נרשמה באימון קבוצת השרירים הגדולים לאורך זמן. לעומת זאת, מחקר אחר (Ebben & Leigh, 2006) מראה תופעה הפוכה, ובה נרשמו ערכים גבוהים יותר במשתנים המודינמיים, כגון לחץ דם עורקי, בזמן ביצוע אימון בעצימות RM7-10 לעומת אימון ב־RM1. ייתכן שבאימוני ההתנגדות העצימות הבינונית עד גבוהה הייתה נסבלת, וגרמה להסתגלויות מסוימות בגוף. בדומה לכך, במחקר של קרוימנס ועמיתיו (Croymans, 2014) נבדקה השפעת אימון התנגדות בעצימות גבוהה על לחץ הדם אצל גברים בעלי עודף משקל. בתחילת הבדיקה ביצעו הנבדקים אימון בעצימות של RM12-15, ובהמשך הועלתה העצימות בהדרגה עד ל־RM6-8. הממצאים העיקריים של המחקר הראו שאימון התנגדות בעצימות גבוהה מסייע לוויסות לחץ הדם ללא ירידה במשקל הגוף.

מבחינת ייצור הלקטט באימון, מחקרים קודמים (Edge et al., 2006; Rogatzki et al., 2014; Schott et al., 1995) מראים כי אימון התנגדות משקולות סיבולתי מפחית את מדדי ייצור הלקטט בדם, אך עדיין לא ידוע מהו זמן התגובה הנדרש לגוף לצורך הסתגלות זו. לכן ערכו פארל ועמיתיו מחקר (Farrell et al., 2017), אשר סקר ובדק את התגובה המטבולית של האינדיבידואל לאימון התנגדות סיבולתי. במחקר השתתפו אנשים צעירים, פעילים גופנית. לנבדקים הוספה תוכנית לאימון התנגדות סיבולתי, אשר כלל תרגילי חימום וארבעה סטים של 15 חזרות בעומס 50% מ־RM1. ריכוז הלקטט נמדד לפני תחילת האימון, לאחר עשר דקות מנוחה, ומיד בסיום הסט האחרון של התרגיל האחרון. התוכנית נמשכה ארבעה שבועות. מתוצאות המחקר עלה כי אימון התנגדות סיבולתי גורם לעלייה ברמת הלקטט בדם, בדומה לאימון HIIT (High Intensity Interval Training). רמת הלקטט הממוצעת, אשר חושבה מתוך כל המדידות, עמדה בקירוב על 11 מילימול. עם זאת, לאורך תקופת האימון לא נראתה אצל המתאמנים הפחתה בייצור הלקטט או הסתגלות של הגוף לרמות הלקטט. מסקנת החוקרים הייתה כי יש צורך בתוכנית אימון ממושכת יותר על מנת ליצור הסתגלות בגוף (יותר מארבעה שבועות).

מחקר אחר (Lopes et al., 2018) בדק את רמות הלקטט במהלך אימון התנגדות ולאחריו, אצל עשרה גברים בריאים, שביצעו שלושה אימוני התנגדות עם זמני מנוחה שונים. האימון כלל שישה תרגילים, ארבעה סטים לכל תרגיל, ועשר חזרות מקסימליות (RM10). ממוצע ערכי

הלקטט הגבוהים ביותר, בחישוב סך כל האימונים, היה מ־7 מילימול. ערך זה נמוך מהערך שנמדד במחקר של פארל ועמיתיו (Farrell et al., 2017), אשר כלל מספר חזרות רב יותר (RM15). בניגוד לכך, מסקירת המחקרים שביצעו איבן ולייי (Ebben & Leigh, 2006) נמצאה עלייה ברמת הלקטט בדם, עד 25% בשיא ייצורו, אצל נבדקים אשר ביצעו אימון התנגדות שכלל שלושה סטים של עשר חזרות ב־60% מ־RM1. זוהי עלייה ניכרת בייצור הלקטט, אשר בטווח הקצר עלולה להזיק לאוכלוסיות מסוימות.

הדעה הרווחת היא שאימון בעל עצימות נמוכה, עם מספר חזרות רב אך עם התנגדות קטנה, שומר על מדדים פיזיולוגיים נמוכים. עם זאת, יש הטוענים כי אימון בעל מספר חזרות מועט עם התנגדות גבוהה שומר על מדדים נמוכים יותר, ובפרט על מדדי קצב הלב, הלקטט ולחץ הדם. לנוכח ריבוי הדעות, בנושא מספר החזרות ועצימות האימון שיש לבצע על מנת לקבל תוצאות מיטיבות, בחן המחקר הנוכחי את השפעת אימון, שכלל ביצוע תרגילים במספר שונה של חזרות מרביות, על מדדי לחץ הדם, קצב פעימות הלב, ורמת הלקטט בדם. השערת המחקר הייתה שביצוע תרגיל במספר חזרות מועט אך עם התנגדות גדולה ישמור על מדדי קצב פעימות לב, רמת לחץ דם ולקטט נמוכים יותר מאשר ביצוע תרגיל במספר חזרות רב אך בהתנגדות קטנה יותר.

שיטה

נבדקים

במחקר השתתפו 23 נבדקים, שנבחרו אקראית מתוך רשימה של 52 גברים צעירים בני 20-40, סטודנטים להוראת חינוך גופני בשנים ב' ו־ג'. מספר הנבדקים נבחר בהתאמה לכוח מבחן של לפחות 80% (Faul et al., 2007). כל הנבדקים היו בריאים, ללא מחלות שרירים או שלד. המשתתפים רואיינו, ומילאו הצהרת בריאות וטופס הסכמה לביצוע המחקר. המחקר קיבל את אישור ועדת האתיקה (IRB) למחקרים בבני אדם (2020-7), ונעשה על פי כללי האתיקה הנדרשים.

לוח 1

מאפייני הנבדקים שהשתתפו במחקר

	גיל (שנים)	**גובה (cm)**	**משקל (kg)**	BMR **(קלוריות)**	**אחוזי שומן** (FatP)	**מסת שומן** (FatM)	**משקל גוף ללא שומן** (FFM)	BMI
ממוצע (ס.ת.)	24.9 (3.3)	172.4 (9.9)	69.6 (10.9)	6921.9 (1163.1)	20.8 (6.97)	28.8 (5)	55.2 (10.4)	23.3 (2.63)

כלי המחקר

הרכב הגוף נקבע בעכבה חשמלית, בעזרת מערכת Tanita DC-360. קצב פעימות הלב נמדד בעזרת מד דופק אלקטרוני, שעון ורצועה H7, תוצרת חברת Polar+, ובעזרת אפליקציית Polar beat. לחץ הדם נמדד בעזרת מד רציף בלתי פולשני, PROBP 3400 WSUREBP, תוצרת חברת Welch Allyn. ריכוז הלקטט והגלוקוז בדם נמדדו בעזרת דוקרנים תוצרת חברת EKF Diagnostic, והם הועברו לבדיקה במכשיר נייד למדידת לקטט וגלוקוז בדם.

מהלך המחקר

תהליך המחקר הוסבר לנבדקים, וכל משתתף חתם על טופס הסכמה מדעת. בהמשך נמדד ונקבע הרכב גופם של הנבדקים באמצעות מערכת Tanita. תרגיל הבדיקה שנבחר לביצוע הוא פשיטת ברכיים, ממצב ישיבה בברכיים כפופות, כנגד מכונה ייעודית מתוצרת חברת Hois. התנגדות המכונה קבועה וטווח התנועה במפרק הברך הוא מ־90 מעלות ועד 180 מעלות, כפי שנעשה במחקרים אחרים (Gjovaag et al., 2016).

כל נבדק ישב על כיסא המכונה, ישיבה זקופה עם הגב צמוד למשענת, ידיו משולבות באזור החזה. האגן הוצמד לכיסא באמצעות חגורה. המשימה כללה ביצוע של מספר חזרות קבוע, ללא הפסקה ובקצב קבוע של שתי שניות כיווץ קונצנטרי ושתי שניות כיווץ אקסצנטרי. פרוטוקול המחקר כלל מספר שלבים: בשלב הראשון נקבע RM1 לכל נבדק, במהלך עשר חזרות עם מקסימום משקל (Desgorces et al., 2010). ערך RM1 של כל נבדק חושב מתוך בדיקת RM10, באמצעות נוסחת אחוזים לחיזוי (RM10=75%RM1). בשלב השני, שנערך שבוע לאחר מכן, נמדדו המדדים הפיזיולוגיים לפני ביצוע התרגיל, לאחר כל סט ובסיום התרגיל. מספר החזרות שהוקצב לכל נבדק נבחר אקראית, ועמד על עשר או עשרים חזרות. ההתנגדות RM20 הייתה 50% מ־RM1 (Brzycki, 1993). בכל אימון בוצעו בסך הכול ארבעה סטים של עשר או עשרים חזרות, ומנוחה של דקה בין סט לסט. המדדים הפיזיולוגיים נמדדו במנוחה לפני האימון, מיד לאחר ביצוע כל סט, ושוב במנוחה, שלוש וחמש דקות מתום הסט האחרון (למעט מדד הלקטט, שנבדק רק שש פעמים מסיבות אתיות). בשלב השלישי, שנערך שבוע אחר כך, חזרו הנבדקים לאימון נוסף בפרוטוקול האימון האחר. כלומר, נבדק ששבוע קודם התאמן ב־RM10 בשלב השלישי התאמן ב־RM20, ולהיפך. מדידת המשתנים הפיזיולוגיים נעשתה באותו האופן.

סטטיסטיקה

לבדיקת השפעת משך החזרות על המדדים הפיזיולוגיים, לקטט ודופק, נערך ניתוח שונות דו כיווני עם מדידות חוזרות, במערך 1x2x7. כלומר, קבוצת מתאמנים אחת שנבדקה בשתי שיטות אימון (אחת בסטים של עשר חזרות, והשנייה בסטים של עשרים חזרות), ולכל שיטת אימון נערכו שבע בדיקות בנקודות זמן שונות (תחילת האימון, בין הסטים ובסוף האימון), למעט בדיקות הלקטט אשר נעשו שש פעמים (ארבע פעמים במהלך האימון ופעמיים בזמני המנוחה). רמת המובהקות אלפא שנקבעה היא 0.05.

תוצאות

השפעת האימון על לחץ הדם הסיסטולי

ניתוח שונות דו כיווני בוצע על מנת לבדוק את השפעת האימון על לחץ הדם הסיסטולי בכל ארבעת הסטים, ובתום שלוש וחמש דקות המנוחה שאחרי הסטים. בדיקת נורמליות בוצעה על השאריות. השאריות התחלקו בערך בצורה נורמלית, ולכן בוצע שימוש בתיקון Greenhouse-Geisser. איור 1 מראה כי הסטים השפיעו באופן ניכר על לחץ הדם הסיסטולי ($F[3.28, 72.151]=27.66$; $p>0.001$; $\eta2=0.268$). מבחן בונפרוני post hoc הראה כי בזמן ביצוע RM10 הייתה אצל הנבדקים עלייה גדולה יותר בלחץ הדם הסיסטולי מיד לאחר ביצוע

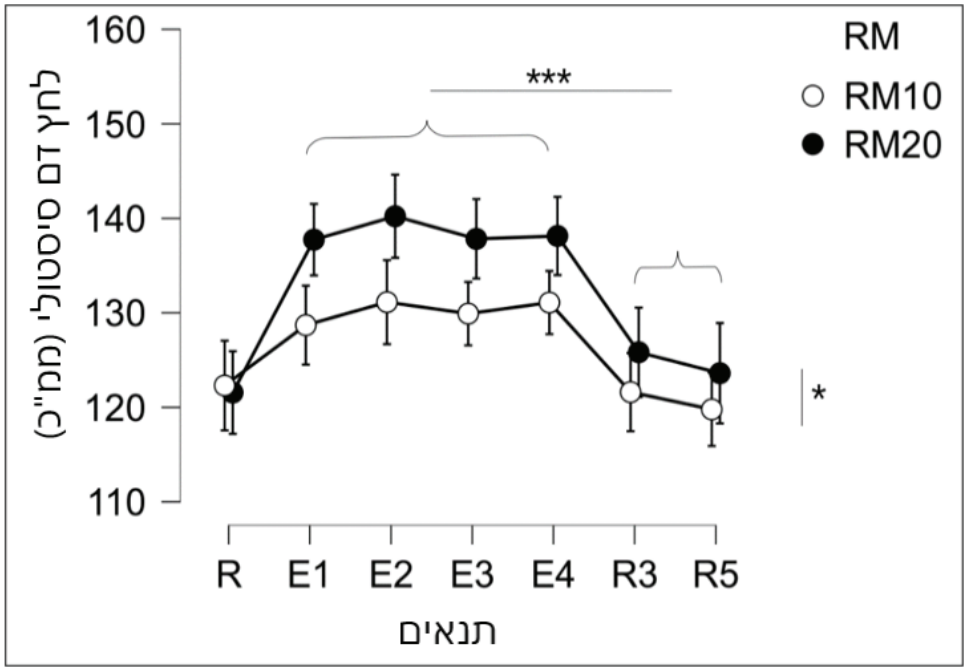
הסטים (M range=128.7-131.1 mmHg; SD range=13. 6-16.2) בהשוואה לזמני המנוחה וההתאוששות (M range=119.8-122.3 mmHg; SD range=11.8-15.0). בזמן ביצוע RM20 הייתה אצל הנבדקים עלייה גדולה יותר בלחץ הדם הסיסטולי מיד לאחר ביצוע הסטים (M range=137.7-140.2 mmHg; SD range=14.0-18.1) בהשוואה לזמני המנוחה וההתאוששות (M range=121.6-125.8 mmHg; SD range=11.0-14.3). מבחן post hoc, אשר השווה בין רמות לחץ הדם הסיסטוליות שנמדדו ב־RM10 וב־RM20, גילה הבדל מובהק (F[1,22]=5.119; p=0.034; η2=0.063). מיד לאחר ביצוע התרגיל ב־RM20, ובכל סט, לחץ הדם הסיסטולי היה גבוה יותר במידה מובהקת (p<0.05) מאשר בזמן ביצוע התרגיל ב־RM10.

באיור 1 מקובצים הנתונים המשווים בין ממוצעי הבדיקות של לחץ הדם הסיסטולי באימוני RM10 ובאמוני RM20. ההפרש מבטא את השפעת כמות החזרות בתרגיל פשיטת ברכיים כנגד מכונה על לחץ הדם הסיסטולי של הנבדק, על פני שבעה זמנים שונים לאורך שתי הבדיקות בהתאם.

איור 1

ניתוח ממוצעים להשוואת לחץ הדם הסיסטולי בין קבוצות מתאמנים באורכי אימון שונים, עשר ועשרים חזרות, לאורך האימון.

(מנוחה=R, סט=E, סט 1=E1, סט 2=E2, סט 3=E3, סט 4=E4, לאחר שלוש דקות מנוחה=R3, לאחר חמש דקות מנוחה=R5)



.

השפעת האימון על לחץ הדם הדיאסטולי

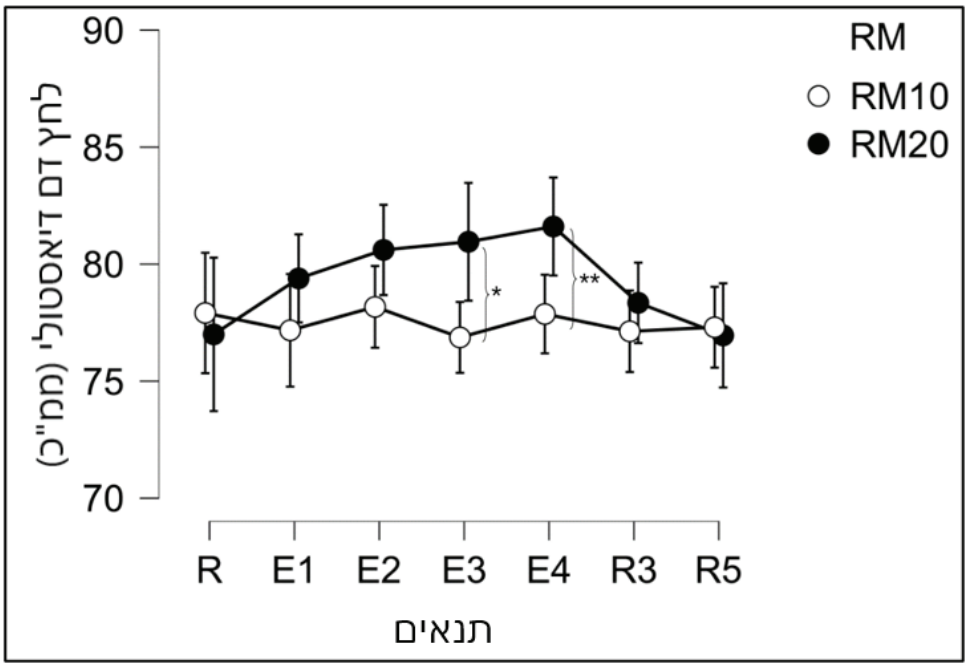
ניתוח נתוני לחץ הדם הדיאסטולי נעשה באותו הליך סטטיסטי כמו ניתוח נתוני לחץ הדם הסיסטולי, יחד עם ניתוח שונות דו כיווני לסטים אינדיבידואליים. איור 2 מראה כי לחץ הדם הדיאסטולי עוקב אחר אותו דפוס כמו לחץ הדם הסיסטולי. עם זאת, יש הבדל מובהק בין לחצי הדם הדיאסטוליים שנמדדו לאחר הסט השלישי באימון RM20 (M=81.6, SD=4.9) לערכים שנמדדו באימון RM10 (M=76.9, SD=5.7), t(22)=-2.656, p=0.014, ולאחר הסט הרביעי באימון RM20 (M=81.6, SD=4.9) בהשוואה לאימון RM10 (M=77.9, SD=4.8), t(22)=-3.485, p=0.002.

באיור 2 מקובצים נתונים המשווים בין ממוצעי הבדיקות, המתארים את השוני בלחץ הדם הדיאסטולי בהשפעת שני סוגי האימונים, RM10 ו־RM20, בשבעה זמנים שונים לאורך שתי הבדיקות בהתאם.

איור 2

ניתוח ממוצעים להשוואת לחץ הדם הדיאסטולי בין קבוצות מתאמנים באורכי אימון שונים, עשר ועשרים חזרות לאורך האימון.

(מנוחה=R, סט=E, סט 1=E1, סט2=E2, סט 3=E3, סט 4=E4, מנוחה לאחר 3 דקות=R3, מנוחה לאחר 5 דקות=R5).



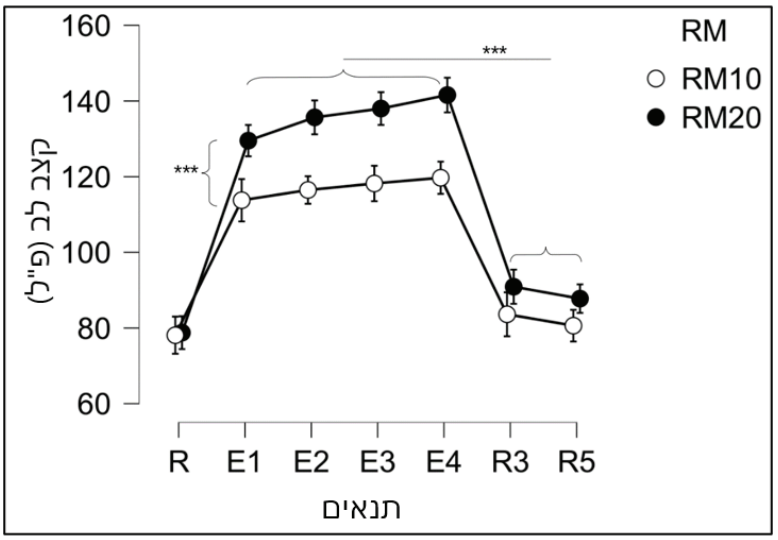
השפעת האימון על קצב הלב

הליך סטטיסטי דומה נערך לצורך השוואת קצב הלב בתנאים שונים בין אימון RM20 לאימון RM10. הנתונים מראים הבדל מובהק בין שתי שיטות האימון. איור 3 מראה כי לסטים באימון יש השפעה מובהקת על קצב הלב(F[2,40]=191.5 p<0.001, η2=0.764) . מבחן בונפרוני post hoc הראה שבמהלך אימון RM10 קצב הלב של הנבדקים עלה במידה רבה יותר מיד לאחר הסטים (M range=113-119 beats per minute (bpm); SD range=17.3-20.4) בהשוואה לזמני המנוחה וההתאוששות (M range=78-83 bpm; SD range=17.6-19.4). במהלך אימון RM20 קצב הלב של הנבדקים עלה באופן מובהק ובמידה רבה יותר מיד לאחר ביצוע הסטים (M range=130-142 bpm; SD range=16.0-20.4) בהשוואה לזמני המנוחה וההתאוששות (M range=79-91 bpm; SD range=17.6-19.4). מבחן post hoc אשר השווה את ערכי קצב הלב בין האימונים RM10 ו־RM20 הראה הבדל מובהק (F(1,20)=41.185, p<0.001, η2=0.07). במהלך אימון ה-RM20, ולאחר כל סט, קצב הלב היה גבוה באופן מובהק(p<0.001) בהשוואה לקצב הלב במהלך אימון ה-RM10 ואחריו.

הערכים באיור 3 משווים בין ממוצעי בדיקות קצב הלב, שנמדדו בשבעה זמנים שונים לאורך שני סוגי האימונים, בהתאם. באיור ניתן לראות את ההבדלים בקצב הלב בין שני סוגי האימונים, RM10 ו־RM20. הנתונים שנמצאו מבטאים את השפעת כמות החזרות בתרגיל פשיטת הברכיים כנגד מכונה על קצב הלב, בזמנים השונים שנבדקו.

איור 3
ניתוח ממוצעים להשוואת קצב הלב של קבוצת מתאמנים באורכי אימון שונים, 1 0 ו־20 חזרות, לאורך הבדיקה

(מנוחה=R, סט=E, סט 1=E1, סט2=E2, סט 3=E3, סט 4=E4, מנוחה לאחר 3 דקות=R3, מנוחה לאחר 5 דקות=R5).



השפעת האימון על רמת הלקטט בדם

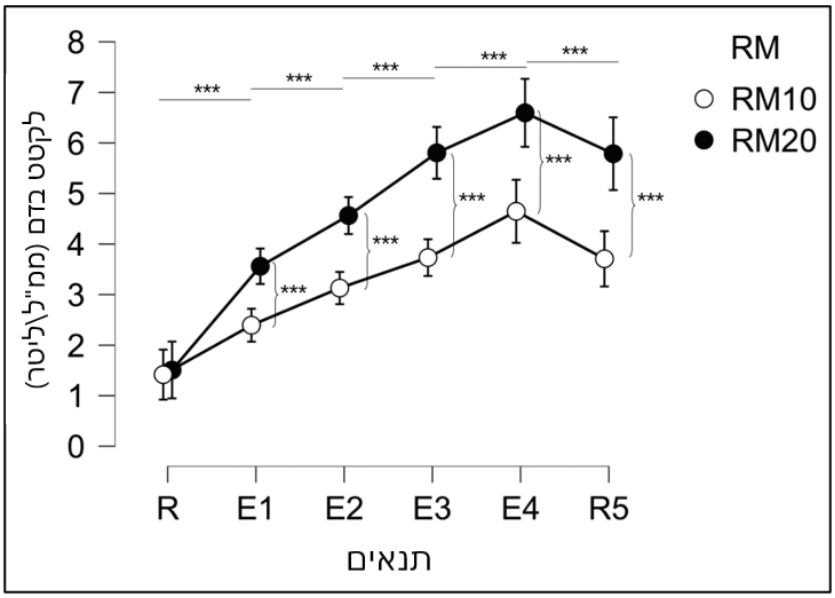
איור 4 מציג את נתוני רמות הלקטט בדם, שנמדדו במהלך שני סוגי האימונים. רמות הלקטט לאורך תנאים שונים באימוני RM20 ו-RM10 הושוו, והציגו שונות סטטיסטית מובהקת. לסטים באימון הייתה השפעה מובהקת על רמת הלקטט בדם. (F[2.231, 49.08]=84.142; p<0.001; η2=0.501) מבחן בונפרוני post hoc הראה שבמהלך RM10 ו־RM20, לאחר כל סט, רמת הלקטט בדם הנבדקים עלתה באופן מובהק ובמידה ניכרת בהשוואה לסט הקודם (p<0.01). מבחן post hoc, אשר השווה את רמות הלקטט שנמדדו במהלך האימונים ב־RM10 וב־RM20, הראה שבמהלך אימון RM20, בכל סט, רמת הלקטט הייתה גבוהה באופן מובהק (F[1,22]=29.798; p<0.001; η2=0.144) מזו שנמדדה במהלך האימון ב־RM10 נוסף לכך, בניגוד למדדים ההמודינמיים, אשר חזרו לרמתם ההתחלתית בסוף האימון, רמות הלקטט בדם המשיכו לעלות, ואף נשארו גבוהות לאחר סוף האימון, באופן מובהק ובמידה ניכרת(t[22]=10.271, p<0.001) בהשוואה לערכים שנמדדו בתחילת האימון.

באיור 4 מופיעים ערכים המשווים בין ממוצעי בדיקות רמת הלקטט בשישה זמנים שונים לאורך שני סוגי האימונים, בהתאם. באיור ניתן לראות את ההבדלים ברמת הלקטט בדם בין שני סוגי האימונים, RM10 ו־RM20 . הנתונים שנמצאו מבטאים את השפעת כמות החזרות בתרגיל פשיטת הברכיים עם מכונה על רמות הלקטט בדם של הנבדק בזמני הבדיקות השונים.

איור 4

ניתוח ממוצעים להשוואת רמות הלקטט בדם של קבוצת מתאמנים באורכי אימון שונים, 10 ו־20 חזרות, לאורך הבדיקה

(מנוחה=R, סט=E, סט 1=E1, סט2=E2, סט 3=E3, סט 4=E4, לאחר חמש דקות מנוחה=R5).



לסיכום, נמצא כי ביצוע תרגיל ב-RM20 השפיע יותר על המדדים הפיזיולוגיים (לחץ דם סיסטולי/דיאסטולי, קצב לב ורמת הלקטט בדם) מאשר תרגיל ב-RM10, וגרם לעלייה רבה יותר במדדים אלה, במשך האימון ומספר דקות לאחר האימון. עם זאת, במדדי לחץ הדם הדיאסטולי, בניתוח סטטיסטי כתלות ב־RM, נמצא הבדל מובהק רק לאחר הסט השלישי. למעט מדדי לחץ הדם הדיאסטולי, נמצא הבדל מובהק בכל המדדים בין שתי שיטות האימון. לפיכך, לאימון ב־RM10 יש יתרון בשמירה על מדדים נמוכים יחסית, בזמן ביצוע התרגיל ואחריו.

דיון

במחקר זה נבדקה השפעת RM בתרגיל פשיטת ברכיים עם מכונה ייעודית על ההיבטים הפיזיולוגיים: לחץ דם סיסטולי/דיאסטולי, קצב הלב ורמת הלקטט בדם. הנבדקים היו גברים בני 20-40, סטודנטים לחינוך גופני בשנים ב' ו־ג'. מטרת המחקר הייתה לבדוק כיצד יגיבו הנבדקים מבחינה פיזיולוגית לתרגיל בשתי שיטות אימון, האחת תרגול ב־RM10 והשנייה RM20, ולהשוות ביניהן על מנת לבנות תבנית אימון מיטבית למתאמן.

תוצאות המחקר הנוכחי מראות שבאשר ללחץ הדם הסיסטולי יש יתרון לתרגול ב־RM10, מכיוון שלאורך כל זמן האימון, למעט בבדיקה הראשונית בזמן מנוחה, מדדי לחץ הדם הסיסטולי היו נמוכים מאשר בתרגול ב־RM20. לחץ הדם הדיאסטולי, בדומה לנתוני לחץ הדם הסיסטולי, עלה בזמן ביצוע שני סוגי האימון וגם דקות אחדות אחרי האימון. גם כאן, לאורך כל האימון מדדי המתאמנים אשר תרגלו ב־RM20 היו גבוהים ממדדי המתאמנים ב־RM10, אם כי ההבדלים נראו רק לאחר הסט השלישי. לכן, גם במדד זה יש יתרון לביצוע מספר חזרות נמוך עם משקל גבוה. תוצאות אלה תומכות בהשערת המחקר, שביצוע תרגיל עם מספר חזרות מועט ייטיב עם המתאמן יותר מאשר ביצוע תרגיל עם מספר חזרות רב. זאת גם לדעת מומחים רבים, כמו סמארט ועמיתיו (Smart et al., 2020), אשר מצאו שאימונים איזומטריים המתבצעים שלוש פעמים בשבוע, 8 דקות סה"כ, יכולים לגרום לירידה של 7-6 מילימטר כספית בלחץ הדם הסיסטולי של המטופלים. נציין שהמחקר הנוכחי מתייחס לאימון איזוטוני (אורך השריר משתנה בזמן התרגיל) ולא איזומטרי (אורך השריר לא משתנה בזמן התרגיל).

זיו (2006) מציין כי ההמלצה הבריאותית למבוגרים היא ביצוע תרגיל התנגדות ב־40%-30% מ־RM1. כלומר, כעשרים חזרות בסט, ואף יותר. קונסטנטיני (2010) מצטרפת לדעתו של זיו ומזכירה במחקרה כי לאנשים בעלי גורמי סיכון למחלות לחץ דם עדיף לבצע אימוני התנגדות בעצימות נמוכה. בניגוד לדעתם של זיו וקונסטנטיני, ובהתאמה לתוצאות המחקר, טוענים באצ'י ועמיתיו (Bacchi et al., 2012) שתרגול בהתנגדות העולה בהדרגה עד עצימות של 80% מ־RM1 יגרום לשיפור במדדים הפיזיולוגיים השונים, אם יתבצע לאורך זמן. זאת בהתאמה למחקרם של קרוימנס ועמיתיו (Croymans et al., 2014), שבו תרגלו הנבדקים בעצימות העולה בהדרגה, עד RM6-8. תוצאות מחקרם הראו שיפור במדדי לחץ הדם ללא תופעות לוואי שליליות. ויינשלבוים (2008) מחזק את דברי באצ'י ועמיתיו ודברי קרוימנס ועמיתיו, וטוען כי ההמלצה היא לבצע אימון בעצימות של עד 80% מ־RM1. עם זאת, הוא נמנע מלהמליץ על אימונים במשקל כבד. לטענתו מספר החזרות האופטימלי בתרגיל הוא 15-8. גם פוליטו ופרינאטי (polito & Farinatti, 2009) מצטרפים לדעתם של באצ'י ועמיתיו ושל קרוימנס ועמיתיו, ומציינים כי נכון לבצע אימון

בעצימות של RM12. לטענתם, כתוצאה מכך תהיה ירידה בלחץ הדם לאורך זמן. הדבר תואם את השערת המחקר ותוצאותיו. ניתן להסביר את המלצותיהם של זיו (2006) וקונסטנטיני (2010) בכך שאינם מציינים במחקרם את מספר החזרות אלא רק את רמת ההתנגדות. הם ממליצים להימנע מלהגיע לקצה היכולת של המתאמן, ולאי יכולת הרמת משקל בכלל, וכך למנוע את תגובת ולסלבה, אשר מעלה את לחץ הדם.

גם בקצב הלב נמצא הבדל בין המדדים בהשוואת שני סוגי האימון, אם כי בתחילת הבדיקה ובסופה ההבדלים הם זניחים. לאורך האימון מדד קצב הלב של המתאמנים בפרוטוקול RM20 היה גבוה יותר ממדד המתאמנים בפרוטוקול RM10. ניתן להניח כי מספר חזרות רב במשקל קל יגרום לעלייה בקצב הלב בעיקר בזמן האימון. הדבר תואם את השערת המחקר כי ביצוע תרגיל עם משקל כבד אך במספר חזרות מועט ישמור על מדדים נמוכים יותר. בדומה להשערת המחקר ולתוצאות המחקר, פורטס ועמיתיו (Fortes et al., 2017) מציינים במחקרם כי ביצוע תרגיל לחיצת רגליים ולחיצת חזה בעצימות של RM8 גרם לשיפור בקצב הלב לאורך זמן. בניגוד לכך, טוען אבולהררי-שירזי (Abolahrari-Shirazi, 2019) במחקרו כי הושג שיפור בתפקוד הלב בעקבות ביצוע תרגיל בעצימות 60%-40% מ־RM1, כלומר 20 חזרות ממקסימום יכולת. בדומה לכך מוזכר במחקרם של וויקוואייר ועמיתיו (Wickwire, 2009) שקצב הלב של קבוצה אשר ביצעה את התרגיל בקצב רגיל בהתנגדות של 65% מ־RM1 עלה יותר ביחס לקבוצה שביצעה חזרות איטיות ובהתנגדות נמוכה יותר, כנראה כתוצאה מהמשקל הרב שהיו צריכים להרים ביחס לקבוצה האחרת, נתון אשר עלול לגרום לעלייה דרמטית במדדים. חשוב לציין כי הנבדקים במחקרו של אבולהררי-שירזי (Abolahrari-Shirazi, 2019) ביצעו עשר חזרות, והתרגול לא נעשה במקסימום יכולת. לכן אין להסיק שתוצאות המחקר הנוכחי בהכרח סותרות את דבריו, ויש לבצע 60% מ־RM1 ב־20 חזרות כדי להראות סתירה בין המחקרים. בניגוד לכך, במחקרם של וויקוואייר ועמיתיו (Wickwire et al., 2009) הנבדקים אכן ביצעו את האימון במקסימום יכולת אך התרגילים בוצעו בקצב שונה, דבר אשר יכול היה להשפיע על תוצאות המחקר.

מדדי הלקטט עלו בעת ביצוע שני סוגי האימון, ונמצא הבדל מובהק ביניהם. ההבדל העיקרי נצפה בזמן ביצוע התרגיל עצמו, שבו מדדי המתאמנים בפרוטוקול RM20 היו גבוהים ממדדי פרוטוקול RM10 . ההבדל נשמר גם בזמן ההתאוששות. עקב כך, ניתן להניח כי ביצוע של מספר חזרות רב עם התנגדות קטנה יגרום לעלייה גדולה יותר ברמות הלקטט בזמן האימון, ומספר דקות לאחר מכן, בהשוואה לביצוע של מספר חזרות מועט עם התנגדות גדולה. בהתאמה לתוצאות המחקר, יש בספרות הסכמה בנוגע להשפעת כמות החזרות על רמת הלקטט בדם, וכי מספר חזרות רב גורר עלייה ניכרת ברמת הלקטט. גם פארל ועמיתיו (Farrell et al., 2017) טוענים במחקרם שאימון התנגדות סיבולתי העומד על 50% מ־RM1 גורם לעלייה ברמות הלקטט הדומה לזו שבאימון אנארובי קיצוני. לופס ועמיתיו (Lopes et al., 2018) מחזקים טענה זאת במחקרם בציינם שביצוע תרגיל ב־RM10 גרם לעלייה של 7 מילימול במדד הלקטט בדם, ערך הנמוך בהרבה ממדד הלקטט שנמצא במחקרם פארל ועמיתיו (Farrell et al., 2017), אשר הגיע ל־11 מילימול. עם זאת, בסקירת המאמרים של איבן וליי (Ebben & Leigh, 2006) נמצא כי רמת הלקטט בדם עלתה ב־25%, בשיא ייצור הלקטט בדם, אצל נבדקים אשר ביצעו אימון התנגדות שכלל שלושה סטים של עשר חזרות ב־60% מ־RM1. אך במאמרם לא השוו החוקרים

בין אימונים בעלי מספר חזרות שונה אלא בדקו רק את השפעת האימון על רמות הלקטט בדם. לכן לא ניתן לשלול את האפשרות כי ביצוע מספר חזרות רב יותר היה גורר עלייה גדולה יותר במדדי הלקטט בדם.

בדומה לנאמר בספרות, ובהשערת המחקר, כי ביצוע תרגיל עם מספר חזרות מועט במשקל כבד ישמור על מדדים נמוכים יחסית אצל המתאמן בהשוואה לתרגיל עם מספר חזרות רב במשקל קל, תוצאות המחקר מראות הבדל ניכר וברור בין שני סוגי האימון, וכי עדיף אימון ב־RM10 לשמירה על מדדים נמוכים יחסית.

לסיכום, ממצאי המחקר הנוכחי תומכים בכך שמתאמנים יכולים להיתרם מפרוטוקולי אימון המותאמים להם במיוחד. מאמנים ומתאמנים באימוני התנגדות יוכלו להשתמש בממצאי המחקר הנוכחי כדי לבנות תוכנית אימון אשר מותאמת ליכולתם ולמצבם הפיזיולוגי. מחקר זה מציב את מספר החזרות והמשקל המורם כגורמים שיש להתחשב בהם בבניית פרוטוקולי אימון. ממצאי המחקר מצביעים על כך שהאימון האופטימלי למתאמנים, מבחינת שמירה על מדדים נמוכים, הוא ביצוע התרגיל במספר חזרות מועט, בהתאם ליכולתו של המתאמן (RM10), כל זאת בהשוואה למספר חזרות רב בתרגיל (RM20). חשוב לבצע מדידת RM1 לפני קביעת המשקל שעל המתאמן להרים ומספר החזרות שיש לבצע בתרגיל. אם המתאמן מגיע לכישלון בהרמת המשקל יש להפחית את המשקל או את כמות החזרות, אחרת יגיע הנבדק לקצה יכולתו והדבר יגרור עלייה במדדים (זיו, 2006).

יש להמשיך ולחקור את הסוגיה של התאמת פרוטוקולי אימון לקבוצות גיל ולאוכלוסיות שונות, וכמו כן לבדוק תרגילים המערבים קבוצות שרירים שונות. ייתכן שניתן לשפר את מדדי הנבדקים על ידי התאמה של פרמטרים אחרים באימון, ובהם: מספר סטים, אופן ביצוע החזרות, זמן מנוחה בין סטים וכדומה. אפשר גם שפרוטוקולי אימון מסוימים, שידגישו העדפה לעצימות נמוכה בכל סוג תרגיל, יסייעו בהורדת המדדים המסכנים.

מקורות

אלבוים-גביזון, מ' ומנדלוביץ, ח' (2016). סקירת ספרות שיטתית על יעילות אימון ההתנגדות בקרב חולי סוכרת מסוג 2 בהתאם לחומרת המחלה הראשונית. **שרותי בריאות כללית כתב־עת לפיזיותרפיה, 18**(3), 3-20.

ויינשלבוים, ב' (2008). פעילות גופנית: "תרופת פלא". **דינמי וינגייט, 7.**

זיו, א' (2006). **עוצמות חדשות: כושר במעגלי החיים.** קמפוס "שיאים" אוניברסיטת תל-אביב.

קונסטנטיני, נ' (2010). יתר לחץ דם ופעילות גופנית. **כתב העת הישראלי לארתרוסקופיה ולפגיעות ספורט אורתופדיות, 2.** http://www.medicalmedia.co.il/publications/SheetDetails.aspx?sheetid=212

Abolahrari-Shirazi, S., Kojuri, J., Bagheri, Z., & Rojhani-Shirazi, Z. (2019). Effect of exercise training on heart rate variability in patients with heart failure after percutaneous coronary intervention. *Journal of Biomedical Physics and Engineering, 9*(1), 97-104.

Bacchi, E., Negri, C., Zanolin, M., Milanese, C., Faccioli , N., Trombetta , M., Zoppini, G., Cevese, R., Bonadonna, R. C., Schena, F., Bonora, E., Lanza, M, & Moghetti, P. (2012). Metabolic effects of aerobic training and resistance training in type 2 diabetic subjects: A randomized controlled trial (the RAED2 study). *Diabetes Care, 35*(4), 676-682.

Brzycki, M. (1993). Strength testing – Predicting a one-rep max from reps-to-fatig. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 64*(1), 88-90.

Croymans, D. M., Krell, S. L., Oh, C. S., Katiraie, M., & Lam, C. Y. (2014). Effects of resistance training on central blood pressure in obese young men. *Journal of Human Hypertension, 28,* 157-164.

Dellal, A., Casamichana, D., Castellano, J., Haddad, M., Moalla, W., & Chamari , K. (2015). Cardiac parasympathetic reactivation in elite soccer players during different types of traditional high-intensity training exercise modes and specific tests, interests and limits. *Asian J Sports Med, 6*(4). DOI: 10.5812/asjsm.25723

Desgorces, F. D., Berthelot, G., Dietrich, G., & Testa, M. S. (2010). Local muscular endurance and prediction of 1 repetition maximum for bench in 4 athletic populations. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(2), 394–400.

Ebben, W. P., & Leigh, D. H. (2006). The effects of resistance training on cardiovascular patients. *Strength and Conditioning Journal, 2,* 54-58.

Edge, J., Hill-Haas, S., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Effects of resistance training on h^+ regulation, buffer capacity, and repeated sprints. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 38*(11), 2004-2011.

Farrell, J. W., Lantis, D. J., Ade, C. J., Bemben, D. A., & Larson, R. D. (2017). Metabolic response to four weeks of muscular endurance resistance training. *International Journal of Kinesiology & Sports Science, 5*(4), 10-17.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexiblestatistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedicalsciences. *Behavior Research Methods, 39*(2), 175-191.

Fisher, M. M. (2001). The effect of resistance exersice on recovery blood pressure in normotensive and borderline hypertensive women. *J strength cond res, 15*(2), 210-216.
Fortes, L. D., Paes, P. P., Paes, S. T., Carvalho, F. O., & Cyrino, E. S. (2017). Clustering vs multi-sets method in resistance training: Effect on heart rate variability. *Asian Journal of Sports Medicine, 9*(1), 1-6.
Gjovaag, T., Hjelmeland, A. K., Oygard, J. B., Vikne, H., & Mirtaheri, P. (2016). Acute hemodynamic and cardiovascular responses following resistance exercise to voluntary exhaustion. Effects of different loadings and exercise durations. The *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 56*(5), 616–623.
Hardy, D. O., & Tucker, L. A. (1998). The effect of a single bout of strength training on ambulatory blood pressure levels in 24 mildly hypertensive men . *Am J Health Promot, 13*(2), 69-72.
Helleker, K. (2003, March 13). Fears mount over the dangers of pumping iron. *The Wall Street Journal Online.* http://online.wsj.com/public/resources/documents/hb2.htm
Hill, D. W., Colins, M. A., Cureton, K. J., & Demello, J. (1989). Blood pressure response after weight training exercise . *Journal of Applied Sports Sciences, 2* , 44-47.
Jewiss, D., Ostman, C., & Smart, N. A. (2016). The effect of resistance training on clinical outcomes in heart failure: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Cardiology, 221*, 674-681.
Lopes, C. R., Alex , H. C., Schoenfeld, B., Ramos, M., & Moises , D. G. (2018). Effect of rest interval length between sets on total load lifted and blood lactate response during total-body resistance exercise session. *ASJSM*. DOI:10.5812/asjsm.57500
McCartney, N., Hicks, A. L., Martin, J., & Webber, C. E. (1996). A longitudinal trial of weight training in the elderly: Continued improvements in year 2. *The Journals of Gerontology, 51*(6), B425–B433.
Meyer, K., Hajric, R., Westbrook, S., Haag-Wildi, S., Holtkamp, R., Leyk, D., & Schnellbacher, K. (1999). Hemodynamic responses during leg press exercise in patients with chronic congestive heart failure. *Am. J. Cardiol, 83*(11), 1537-1543.
Nakamura, F., Flatt , A., Pereira , L., Ramirez-Campillo , R., Loturco , I., & Esco, M. (2015). .Ultra-Short-term heart rate variability is sensitive to training effects in team sports players. *J Sports Sci Med, 14*(3), 602-605.
Polito, M. D., & Farinatti, P. T. (2006). Blood pressure behavior after resistance exersices: A systematic review on determining variables and possible mechanisms. *Braz J Sports Med, 12*(6), 386-392.
Polito, M., & Farinatti, P. (2009). The effects of muscle mass and number of sets during resistance exercise on postexercise hypotension. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 23*(8), 2351-2357.
Rezk, C. C., Marrache, R. C., Tinucci, T., Mion, J. D., & Forjaz, C. M. (2006). Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: Influence of exercise intensity . *Eur J Appl Physial, 98*(1), 105-112.

Rogatzki, M. J., Wright, G. A., Mikat, R. P., & Brice, A. G. (2014). Blood ammonium and lactate accumulation response to different training protocols using the parallel squat exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28*(4), 1113-1118.
Schott, J., McCully, K., & Rutherford, O. (1995). The role of metabolites in strength training. European journal of applied physiology and occupational physiology, 337-341.
Simao, R., Fleck, S., Polito, M. D., Monterio, W. D., & Farinatti, P. (2005). Effects of resistance training intesity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *J Strength Cond Res, 19*(4) 853-858.
Smart, N. A., Gow, J., Bleile, B., Van der Touw, T., & Pearson, M. J. (2020). An evidence-based analysis of managing hypertension with isometric resistance exercise – are the guidelines current? *Hypertension Research, 43*(4), 249-254.
Taaffe, D. R., Pruitt, L., Pyka, G., Guido, D., & Marcus, R. (1996). Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clinical Physiology and Functional Imaging, 16*(4), 381-392.
Tan, S., Li, W., & Wang, J. (2012). Effects of six months of combined aerobic and resistance training for elderly patients with a long history of type 2 diabetes. J *Sports Sci Med, 11*(3), 495–501.
Vilamitjana , J. J., Lentini , N. A., Perez , M. F., & Verde , P. E. (2014). Heart rate variability as biomarker of training load in professional soccer players. *Med Sci Sports Exerc, 46*(5S), 842-843.
Wickwire, P. J., McLester, J. R., Green, J. M., & Crews, T. R. (2009). Acute heart rate, blood pressure, and RPE responses during super slow vs. traditional machine resistance training protocols using small muscle group exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research, 23*(1), 72-79.