

השפעת מאמץ עצים על ריכוז חומצה לקטית (La) בדם במהלך ההתאוששות אצל שחיינים נכים לעומת שחיינים רגילים

רון מור, איל ויסבליט, נח רם, איציק וינשטיין

תקציר

היכולת לנטר את עוצמת המאמץ במהלך האימונים חשובה לכל ספורטאי כחלק מתכנית האימונים. הדופק וריכוז החומצה הלקטית (La) בדם הם מהכלים השכיחים ביותר למטרה זו. למרות זאת, מעט מידע מופיע בספרות המדעית בנושא תגובת La של שחיינים נכים וקטועי גפיים בעת מאמץ מתגבר ובעת התאוששות. מטרת המחקר הנוכחי הייתה להשוות את ההתאוששות במהלך חצי שעה ממשחה עצים ל-100 מטרים בקרב שבעה שחיינים נכים ותשעה שחיינים רגילים. לשם כך נבדקו משתנים אלו חמש פעמים (1.5, 5, 10, 15, 30 דקות) לאחר המשחה. תוצאות: אצל השחיינים הנכים והרגילים נצפה הריכוז הגבוה ביותר של La לאחר חמש דקות של התאוששות (10.7 mM ו-9.09 mM, בהתאמה). בהשוואת קווי התסוגה בין שתי אוכלוסיות המחקר לא נמצא הבדל משמעותי בקצב הירידה של La במהלך ההתאוששות. ריכוז La אצל קבוצת הנכים נשאר גבוה יחסית לקבוצת הרגילים גם לאחר 30 דקות התאוששות. בהשוואת קצב פעימות הלב בתהליך ההתאוששות נמצא הבדל בין קצב פעימות הלב הנמוך יותר אצל השחיינים הנכים (124 פ' / דקה) לעומת זה שאצל עמיתיהם הרגילים (168 פ' / דקה) רק לאחר 1.5 דקות. מסקנות: לא נצפה הבדל בתגובת ריכוז La במשך ההתאוששות בין שחיינים נכים קטועי גפיים לבין שחיינים רגילים לאחר משחה עצים ל-100 מטרים.

מילות מפתח: חומצה לקטית (La), קצב לב, התאוששות, מאמץ עצים

סקירה

המטרה העיקרית של תכנית אימונים כוללת שיפור יכולת הביצוע בענף הספורט הספציפי (אירובי או אנאירובי). על מנת להשיג מטרה זו משמשות תגובות פיזיולוגיות כנקודות ציון ובקרה (Reilly, Morris & Whyte, 2009). בהתאם למטרות האימון קיימים מספר אמצעים מקובלים כאמצעים לניטור עוצמת המאמץ, כגון אחוז צריכת חמצן המרבית, ריכוז La בדם וקצב הלב, שבהם מתבצעים המאמצים (Goosey, Batterham and Tolfrey, 2003). ריכוז La בדם בזמן פעילות גופנית בהתאוששות ממאמצים גופניים מהווה מדד בקרתי לעוצמת המאמץ שבוצע על ידי הספורטאי. סף "La - Onset of Blood Lactate Accumulation" (OBLA) - הוא אותה דרגת מאמץ שממנה והלאה המערכת הגליקוליטית תורמת יותר ויותר ATP לשרירים הפעילים, וקצב יצירת La עולה על קצב הרכקתה. לכן La מצטברת בדם עד לערכים גבוהים, אשר עלולים לגרום לעייפות השריר; זו נגרמת כתוצאה ישירה מפעילות יון הלקטט או בשל הירידה המובהקת ב-pH (עלייה בחומציות), שעלולה להביא לפגיעה במנגנון

כיווץ השריר (Weltman, 1995). כלומר, דרגת המאמץ שבה התרומה האנרגטית של הגליקוליזה הולכת וגדלה בשל אי יכולת המערכת האירובית לספק ATP לפעילות השריר בקצב הדרוש על ידי השריר (Svedahl & MacIntosh, 2003).

גורמים נוספים המשפיעים על ריכוז La בדם הם מסת השריר הפעילה וסוג סיבי השריר שמאכלסים מסה זו; ככל שמסת השריר תהיה גדולה יותר עבור ביצוע מאמץ יחסי, כך יגדל קצב ייצור La, ויחד אתו גדל הסיכוי לעלייה חדה בריכוזה בדם. לעומת זאת, הורדת ריכוז La בדם מתבצעת בחלקה דרך מעגל קורי שבכבד, על ידי הפיכתה לגלוקוז (Bonen, Baker and Hatta, 1997; McArdle, Katch and Katch, 2007; Nee and Uebner, 2003), ורובה מנוצלת במערכת אספקת האנרגיה האירובית לרקמות שונות הפעילות בעצמות נמוכה יחסית, כגון הלב (Bonen et al., 1997; Brooks, 2002; Juel, 2001). לכן עלייה בריכוז ה-La בדם במהלך השחייה יכולה להיות שונה בין שחיין רגיל לשחיין נכה, והיא תלויה בשאלה אם הגוף כולו משתתף או שרק הידיים או רק הרגליים פעילות (Bentley, 2002).

השימוש במדדים הקשורים למנגנון האנרגיה האנאירובי לניטור ההתקדמות באימונים תואר בהרחבה הן בקרב רצים והן בקרב רוכבי אופניים (Leicht, Bishop and Goosy-Tolfry, 1987; Yoshida, Chida, Ichioka and Suda, 2012), בעיקר בשל הקלות היחסית בשימוש במסילה נעה ובאופן ארגומטרי. לעומת זאת, הקושי במבחני שדה בברכה, בשילוב חמישה סגנונות שחייה שונים, "תרם" למיעוט יחסי של מדידת תגובת La בקרב שחיינים בכלל ושחייני עילית בפרט (Pyne, Lee and Swanwick, 2001).

אחת ממטרות השיקום הגופני היא להעלות את יכולת ביצוע המטלות היום יומיות בקרב אוכלוסייה עם צרכים מיוחדים. היות שהגוף במים הוא כמעט נטול משקל, שחייה היא אחת הדרכים המקובלות לפתח את היכולת האירובית. כדי להעריך את עוצמת המאמץ בזמן מאמץ תת מרבי או מרבי, קיים צורך במדידה של תגובות פיזיולוגיות חיוניות לאוכלוסיית השחיינים הנכים בדיוק כמו לאוכלוסיית השחיינים ה"רגילים" (Pelayo, Moretto, Robin, Sidney, Gerbeaux, Latour, Marc-Lavoie, 1995).

אחד הכלים החשובים ביותר במהלך האימונים הוא איתור סף La (Lavoie, Leger, Leone, and Provencher, 1985; Pelayo et al., 1995; Keskinen, 1994; Pelayo, Mujika, Sidney and Chatard, 1996). בהמשך לאמור לעיל, גם תגובת La למאמץ נבדקה רבות בקרב ספורטאים רגילים, אולם לא נבדקה בהיקף דומה בקרב אוכלוסיית הספורטאים הנכים (Bentley et al., 2002).

מטרת המחקר

מתוך 24 ספורטאים נכים אשר ייצגו את ישראל במשחקים האולימפיים, שמונה נמנו עם נבחרת השחייה, וארבעה ספורטאים זכו במשותף בעשר מדליות אולימפיות. למרות הגדרתם האחידה כ"נכים", רב השוני ביניהם. חלקם קטועי גפיים (נכי צה"ל) ברמות קטיעה שונות, וחלקם משותקים - גם הם ברמות חומרה שונות - החל משיתוק בגפה אחת, דרך שתי גפיים ועד שיתוק בשלוש גפיים (לוסטג ולנדר, 2004). את סיווג הנכויות השלימו חברי משלחת אשר "רק" איבדו את מאור עיניהם. במהלך הכנתם למשחקים האולימפיים נעזר הסגל המקצועי של הנבחרת הפרלמנטית בשחייה של ישראל בידע שנצבר במדעי הספורט.

בין השאלות שעליהן ביקש הסגל המקצועי למצוא תשובה היו השאלות הבאות: לא ברור מה יהיה ריכוז La המרבי אצל אותם ספורטאים קטועי גפיים או אצל אלו המשותקים בגפיהם לאחר מאמץ עצים - שכן יכולתם לסלק את ה-La שנוצרה על ידי רקמות הפעילות פחות, פחותה לעומת זו של שחיינים רגילים, עקב מסת שריר נמוכה יותר. שאלה נוספת העולה ממסת השריר הנמוכה הפעילה, היא מה יכולתם לייצר La עקב איבוד מסת שריר? האם השרירים הפעילים יפצו על אובדן מסת השריר והתוצאה תהיה עלייה חדה בקצב ייצור La באותם שרירים פעילים? ואם כן, האם קצב עבודת השרירים ייפגע עקב הצטברות מהירה וגבוהה של La? או שמא אותם שרירים פעילים לא יוכלו לפצות על אובדן המסה השרירית החסרה, ולכן העלייה בריכוז La בדם תהיה נמוכה יחסית גם במאמץ מרבי? כלומר, היכולת לשחרר אנרגיה בתהליך גליקוליטי תהיה נמוכה יחסית, ואז הדרך לשפר את תוצאתם מתבצעת בעיקר על ידי שיפור הטכניקה. נוסף על כך, משמעות התאוששות מהירה ממאמצים היא חיונית ביותר לספורטאים, ועל אחת כמה וכמה בקרב שחיינים המבצעים מספר מקצי שחייה ביום תחרות אחד. היכולת להתאושש ולהגיע "מוכן" למקצה השני היא בעלת חשיבות עליונה. ריכוז גבוה של La לפני הזינוק למים יגרום קרוב לוודאי להגעה מהירה יותר ל"סף האנאירובי", שפירושו כאמור ירידה ביכולת להתמיד באותו קצב, ולכן - תוצאה טובה פחות.

כאמור, היקף הספרות הקיימת בתחום זה מצומצם מאוד, והתשובות המצויות בה לשאלות שלעיל אינן חד משמעיות. לפיכך, נושא המחקר הנוכחי הוא בדיקת תגובת La בקרב סגל הנכים האולימפי של ישראל בשחייה, והוא מעלה לראשונה מספר שאלות חשובות הנוגעות להליך האימון בקרב שחיינים נכים בפרט וספורטאים נכים בכלל. התקדמות ספורט הנכים בארץ ובעולם תלויה במידה רבה גם בהישגים הספורטיביים שאותם משיגים אנשים יחידי סגולה, שאינם נותנים לנכותם להיות מגבלה עבורם.

לכן, יעד המחקר היה סיוע לשחיינים הנכים באימוניהם הספורטיביים, ומטרת המחקר הראשית הייתה להבין טוב יותר את תגובת La למאמצים נתונים של סגל הנבחרת הפרלימפית בשחייה בישראל. שאלת המחקר הייתה, האם תגובת La למאמץ ולהתאוששות אצל שחיינים נכים, הסובלים ממסת שריר קטנה, דומה לזאת של עמיתיהם הרגילים?

ממצאים קודמים

תשובות לשאלות לעיל ניסו ליכט ועמיתיו (Leicht et al., 2012) לתת בהשוואתם של ספורטאים טטרה-פלאגים לעומת פארא-פלאגים וכאלו שאינם פגועי חוט שדרה על כיסאות גלגלים במהלך מבחן מדורג. בניגוד להנחתם הראשונית, לא נמצא כל הבדל סטטיסטי מובהק בין הקבוצות בתגובתם למאמץ מתגבר כאשר השוו את ריכוז ה-La מול האחוז מצריכת החמצן בכל שלב שאליו הגיעו הנבדקים בכל קבוצה. כן נמצא הבדל סטטיסטי כאשר הושוו ערכי La לצריכת החמצן האבסולוטית שלהם, ובה היה יתרון ברור לנכים שאינם נפגעי חוט שדרה - על הפארא-פלאגים והטטרה-פלאגים. מסקנתם, הנתמכת גם על ידי תוצאות מחקר מוקדם שלהם (Leicht and Perret, 2008), הייתה כי אין הבדל בתגובת La לאחר מאמץ עד תשישות בין פארא-פלאגים לשתי הקבוצות האחרות כאשר עוצמת המאמץ שווה ומבוטאת באחוז זהה מצריכת החמצן המרבית האישית של כל ספורטאי.

חוקרים אחרים (Bentley et al., 2002) השוו את תגובת La לחמישה משחים מתגברים בקרב שישה ספורטאי עילית עם תנועתיות מוגבלת או מוחלטת בגפיים התחתונות מול חמישה שחיינים בעלי תנועתיות מלאה למרחקים של 100 מטרים או של 200 מטרים. כאמור לעיל, ריכוז La בדם מהווה אינדיקציה טובה לעוצמת המאמץ, ולמעשה משקף את שיווי המשקל בין קצב ייצורה לבין קצב פיזור. לכן, הנחת החוקרים הייתה שיימצאו ערכי La נמוכים יותר בקבוצת השחיינים עם המוגבלות התנועתית לעומת קבוצת השחיינים עם התנועתיות המלאה, בגלל הבדלים במסת השריר הפעילה.

הממצאים הצביעו על שינוי מובהק בריכוז La בין תחילת המשחה לסיומו בכל חמשת המשחים בין שתי הקבוצות, אולם לא נמצא הבדל מובהק בשינוי ריכוז La במהלך המבדק בין הקבוצות. החוקרים הסבירו את התגובה הזו בתרומה הנמוכה יחסית של פעולת הרגליים למשחה כולו ו/או באי היכולת להוכיח הבדל מובהק הנובעת מ"טעות מסוג 2" - עקב מספר נבדקים קטן ושונות גדולה. כך שלמרות ההבדל המוחלט בערכי La, החוקרים מסכמים ש"סטטיסטיקה ופיזיולוגיה או חשיבות מעשית הן לא תמיד 'שם נרדף'" (Bentley et al., 2002, p.100).

ממצאים אלה דומים לממצאים קודמים של פאליו ועמיתיו (Pelayo et al., 1995), אשר השוו את תגובותיהם האירוביות והאנאירוביות של שחיינים נכים ורגילים במבחנים שונים. במבחן האירובי ריכוז La בקרב קבוצת הנכים היה גבוה יותר לעומת השחיינים הרגילים, אולם לא נמצא הבדל מובהק במשתנה זה במבחן האנאירובי. לפיכך, מסקנתם הייתה כי מבחני שדה יעילים בחיזוי ובתכנון האימונים לשחיינים מתחרים נכים כמו לשחיינים רגילים.

שיטת המחקר

אוכלוסיית המחקר

קבוצת המחקר כללה שבעה שחיינים נכים מהסגל האולימפי של נבחרת ישראל, קטועי גפיים ברמות שונות, בטווח הגילים 22-45, ותשעה שחיינים בוגרים מאזור הצפון בטווח הגילים 16-20, סך הכול 16 שחיינים. כל השחיינים התאמנו סדיר באופן ובהיקף דומים לפחות חמש פעמים בשבוע תחת הדרכת מאמן מקצועי. שניים מהנבדקים הרגילים נמנו עם סגל נבחרת ישראל בשחייה. הרכב קבוצת הנכים היווה מגבלה מכריעה במחקר בשל סוגים שונים של נכויות סגל השחיינים. לא ניתן היה לדגום שחייני צמרת נכים בעלי נכות השומרת על כמות מסת גוף אחידה בקרב המדגם. סגל ישראל בשחייה לנכים מורכב מנכים בעלי נכויות מסוגים שונים, הכוללות קטיעות גפיים ושיתוק ברמות שונות. כולם הוגדרו «נכים», אם כי לא דיין קטיעת גפה כדין שיתוק מתאונה או ממחלה בתגובות הפיזיולוגיות למאמץ. אי לכך נלקחו תוצאות רק מקטועי גפיים.

כלי המחקר

שעוני דופק מחברת (Fs1) Polar. המחקר בדק את ריכוז La בדם בפרקי זמן שונים, לאחר משחה של 100 מטרים All out.

מהלך המחקר

לכל השחיינים שנטלו חלק במחקר הוסבר הליך המחקר ומטרתו. כל נבדק חתם על טופס

הסכמה מדעת להשתתפות במחקר. תוצאות המחקר הועברו לנבדק ולמאמן הקבוצה ונשמרו בתיקייה נפרדת. כל הנבדקים עברו שתי סדרות של בדיקות בברכת האימונים שלהם. המחקר אושר על ידי ועדת המחקר המכללתית.

הליך המחקר

לפני השחייה נמדדו הדופק וריכוז La במנוחה מלאה (לפני חימום). כל הנבדקים שחו 100 מטרים בקצב תחרותי (כ־1 דקה), ומיד לאחר מכן נמדד הדופק ונלקחו דגימות דם קפילריות ($20 \mu\text{l}$) בפרקי הזמן: 1.5, 5, 10, 15 ו־30 דקות של התאוששות. דגימות הדם נלקחו מקצות האצבעות של השחיינים לפני המשחה ובזמן ההתאוששות על ידי צוות מקצועי ומיומן. דגימת דם נימית נלקחה בכל פעם מאצבע אחרת. הדם הועבר ישירות לקפילרות של $20 \mu\text{l}$ ומשם הועברו הקפילרות למבחנה המכילה נוזל המקבע את ריאקציית ה-La. ריכוז La נמדד באמצעות מכשיר לניתוח ריכוז La וגלוקוז בדם - Biosen C-line של חברת EKF Diagnostic גרמניה. המכשיר כויל באמצעות תמיסת כויל סטנדרטית La 12 (mM).

עיבוד הנתונים

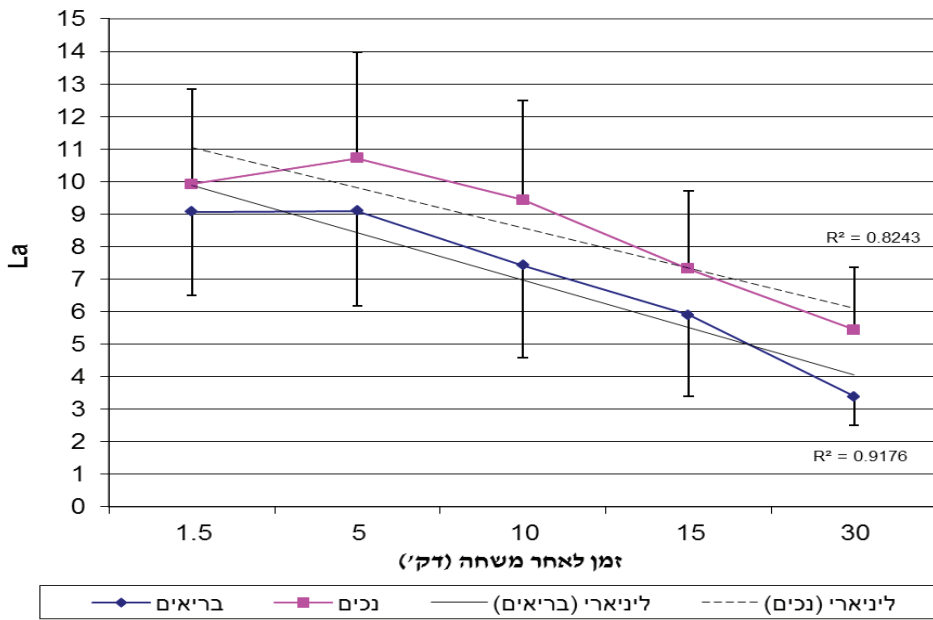
כל הנתונים הכמותיים שנאספו במחקר הוכנסו לגיליון עבודה ונותחו בעזרת תוכנת SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) גרסה 11. נעשה שימוש במבחני Student-t לצורך השוואת הנתונים של קבוצת הנכים לאלו של קבוצת הרגילים תחת הנחת העבודה שהשוונות באוכלוסיות אינה זהה. המבחנים בוצעו עבור כל אחת מנקודות הדיגום של ה-La ושל הדופק. נערכה בדיקת שוויון שונויות על פי מבחן Levine. קווי תסוגה (Linear Regression) חושבו להשתנות ערכי La כפונקציה של זמן בשתי הקבוצות לצורך השוואת קצב הייצור והפיזור של La. ניתוח שוונות למדידות חוזרות נעשה על המדידות החוזרות של ריכוז La ושל הדופק. רמת ה- α נקבעה ל-0.05 בכל הניתוחים הסטטיסטיים.

תוצאות

השוואת ריכוז La וקצב סילוק La בין השחיינים הנכים לשחיינים הרגילים בשתי האוכלוסיות, הנכים והרגילים, ריכוז La בדם עלה לערך הגבוה ביותר מבין המדידות במדידה שלאחר חמש דקות מתום משחה 100 מטרים (10.7 ± 3.26 mM ו־ 9.09 ± 2.92 mM בהתאמה). בהשוואה בין קבוצת השחיינים הנכים לקבוצת השחיינים הרגילים על ידי ניתוח שוונות למדידות חוזרות, עולה כי ממוצעי ריכוז La בשתי הקבוצות בזמני הבדיקות אינו שונה באופן משמעותי.

קצב סילוק La אינו שונה בין הנכים לבין הרגילים

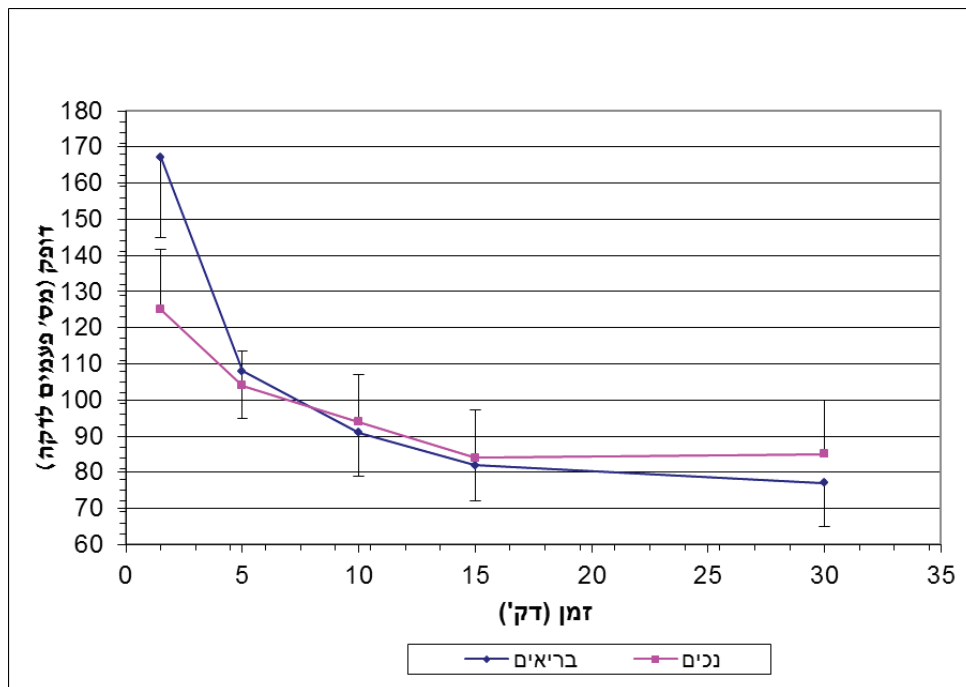
בהשוואת קווי התסוגה בין שתי אוכלוסיות המחקר נמצא הבדל בקצב הירידה של La במהלך ההתאוששות, אולם הבדל זה לא היה מובהק ($p < 0.05$). ריכוז La אצל קבוצת הנכים נשאר גבוה יחסית לקבוצת הרגילים גם לאחר 30 דקות התאוששות [5.4 ± 1.9 mM לעומת 3.4 ± 0.88 mM בהתאמה (גרף מס' 1)].



גרף 1

ממוצע ריכוז La בדם (mM) כפונקציה של זמן לאחר משחה 100 מ' ($All out$) ואוכלוסיית נבדקים. קווי טעות = ס' תקן.

השוואת קצב פעימות הלב בהתאוששות בין השחיינים הנכים לשחיינים הרגילים בהשוואת קצב פעימות הלב בין קבוצת הנבדקים הרגילים לבין קבוצת הנכים בתוך תהליך ההתאוששות לאחר המשחה נמצא הבדל רק לאחר 1.5 דק' [168 ± 21.9 פ/דק' לעומת 124 ± 14.5 פ/דק' ($p=0.01$ בהתאמה (גרף מס' 2)].



גרף 2

ממוצע קצב פעימות הלב כפונקציה של זמן לאחר משחה 100 מ' (*All out*) ואוכלוסיית נבדקים. קווי טעות = ס' תקן.

דיון ומסקנות

מטרת המחקר הנוכחי הייתה להשוות את תגובת La לאחר משחה של 100 מטרים בעוצמה גבוהה בין שחיינים רגילים לשחיינים נכי גפיים. הממצא העיקרי במחקר הנוכחי הוא שאצל מרבית השחיינים נמדד ריכוז מרבי של La בדם בטווח של דקה וחצי עד חמש דקות מסיום המאמץ, המעיד על הזמן הנדרש שיש להמתין כדי לבצע את הבדיקה לשם קבלת תוצאות מהימנות ביותר לריכוז מקסימלי של La. תוצאות אלו עולות בקנה אחד עם ממצאיו של וולטמן (Weltman, 1995), שלפיהם זמן דגימה אופטימלי עבור משחה קצר - 100 מטרים - הוא שלוש עד חמש דקות מסיום המאמץ. מתחת או מעל לטווח זה עלולות להתקבל תוצאות נמוכות מדי, המחטיאות את שיא ריכוז ה-La בשריר, המאפיין מאמץ All out של שחיית 100 מטרים בסגנון חופשי.

La בהתאוששות מהמאמץ השערת המחקר הנוכחי הייתה כי שחיינים נכים בגפיהם יציגו ריכוז נמוך יותר של La לעומת עמיתיהם הרגילים. אולם אצל מרבית הנבדקים נצפו אפיונים דומים של שינוי ריכוז La בדם בזמן ההתאוששות, כאשר בחמש הדקות הראשונות ישנה עלייה, עד השיא בדקה החמישית

בדרך כלל, ולאחר מכן ירידה הדרגתית - עד הדקה ה־30 של ההתאוששות. את העלייה ניתן לייחס לזמן הנדרש למעבר La מהשריר אל הדם ולמקומות שאליו היא מתפנה, כך שריכוזה בדם יעלה על ריכוזה בשריר בשל הפסקת הפעילות והאטה בקצב ייצורה. הנחה זאת מאוששת על ידי ממצאיהם של בנטלי ועמיתיו (Bentley et al., 2002), אשר הציגו שינוי דומה בריכוז La בתגובה לחמישה משחים מתגברים בקבוצת השחיינים הנכים ובקבוצת השחיינים הרגילים. הירידה ההדרגתית בריכוז La בדם נובעת מסיום הפעילות העצימה, ולכן האטה בייצור La, בד בבד עם פירוק La במעגל קורי (רוטשטיין, 1992) וברקמות המנצלות בעיקר את התהליך האירובי לשם אספקת אנרגיה (Juel, 2001). הירידה האטית יותר בריכוז La בנכים, ייתכן שהיא נובעת ממסת שריר קטנה יותר הפעילה בעת ההתאוששות. ירידה אטית ב־La בדם נובעת מקצב הרחקה אטי יותר, הקשור אולי למסה נמוכה יותר של שריר לא פעיל, כי הסיבים הפעילים של השריר שהשתתף במאמץ אינם צורכים La, אלא מייצרים אותו. ייתכן שהשונות הרבה בריכוז La בנכים לעומת הרגילים לאחר 30 דקות (סטיית תקן של 1.9 מול 0.8 בהתאמה) תרמה להבדל הסטטיסטי בנקודת זמן זאת, יחד עם טעות סטטיסטית מסוג 2 (מדגם קטן), האופיינית למחקרים קודמים ודומים לזה (Leicht & Perret, 2008; Bentley et al., 2002). ההנחה כי אין הבדל בקצב ההתאוששות בין שתי הקבוצות, נתמכת על ידי ממצאיהם של ליכט ופרט (Leicht & Perret, 2008), המעידים כי אין כל הבדל במשך ההתאוששות בין שחיינים רגילים לפארא־פלגים לאחר שחייה מאומצת. ההבדלים, אם קיימים, טוענים החוקרים, נובעים מהבדלים אישיים בכושר הגופני ובגנטיקה. קצב סילוק La (גרף 1) הבא לידי ביטוי בקו התסוגה של שתי הקבוצות, דומה ביותר (0.824 - נכים מול 0.917 - רגילים). ממצא זה שונה מממצאי קבוצתו של פלאילו (Pelaylo et al., 1995). השוני בריכוז המקסימלי של La בדם אצל השחיינים הנכים לעומת הרגילים (10.71 ± 3.26 לעומת 9.09 ± 2.92 בהתאמה), ייתכן שמעיד על כך שקיים קשר בין רמת ייצור La לבין מסת השרירים הפעילה. השערה זאת מהווה אתגר מחקרי עתיד.

השוואת קצב פעימות הלב בהתאוששות בין הנכים לבין הרגילים בהשוואת קצב פעימות הלב בתהליך ההתאוששות לאחר המשחה בין קבוצת השחיינים הנכים לבין קבוצת השחיינים הרגילים נמצא הבדל רק לאחר דקה וחצי ($p < 0.01$) (גרף מס' 2). תגובה דומה דווחה במחקרם של ליכט ועמיתיו (Leicht, Bishop & Goosey, 2012), שבה הצביעו על דופק נמוך בצורה מובהקת בשיא המאמץ קבוצת הטררא־פלגים מול קבוצת הפארא־פלגים וקבוצת שחיינים שאינם נפגעי חוט שדרה (129, 184, 186 פ/דק' בהתאמה). החוקרים לא ניסו להסביר הבדל זה, אלא הראו את הקורלציה הגבוהה ביחס בין קצב פעימות הלב לצריכת חמצן בקרב שלוש הקבוצות (0.96, 0.97, 0.90 בהתאמה). כלומר, תגובות פיזיולוגיות דומות בערכים יחסיים דומים בין קבוצות הנכים השונות. הסבר אפשרי להבדל בדופק במחקר הנוכחי הוא כנראה מסת השריר הקטנה יחסית שהייתה פעילה בזמן המאמץ, ויכולת טובה של המערכת הקרדיוסקולרית בקבוצת הנכים, לעומת מסת שרירים פעילה וגדולה יותר בקבוצת הרגילים, אשר הצריכה עלייה בתפוקת הלב על ידי הדופק.

מגבלות המחקר הנוכחי

גיל השחיינים הרגילים היה שונה באופן משמעותי מהנכים. הבדל זה לא השפיע כנראה על קצב ייצור ריכוז La וסילוקה (גרף 1) אך ייתכן שכן השפיע על קצב הלב בבדיקה הראשונה (גרף 2). הסיבה לכך היא היכולת להגיע לקצב פעימות לב גבוה יותר לעומת קצב הלב אצל עמיתיהם הנכים הבוגרים יותר. לא נמצא הבדל בקצב הירידה בדופק בין השחיינים הרגילים לנכים ($p < 0.723$). יחד עם זאת, תהליך בדיקת הדופק ארוך מספר שניות, שבהן עשויה לחול ירידה מהירה בדופק, בעיקר אצל אלו שהם בעלי יכולת אירובית גבוהה.

סיכום והמלצות מעשיות

מטרת המחקר הייתה כאמור לבדוק אם קיים הבדל בקצב ההתאוששות ממשחה 100 מטרים All out אצל שחיינים נכים לעומת עמיתיהם הרגילים. לצורך המחקר נבדקו שתי קבוצות של שחיינים מקצועיים: קבוצת שחיינים רגילים וקבוצת שחיינים נכים. נצפתה נטייה להבדל ($p = 0.07$) בריכוז La בתום 30 דקות של התאוששות. ההבדל מתבטא בכך שבתום 30 הדקות של ההתאוששות היו לשחיינים הנכים ערכי La גבוהים מ-4mM, ולכן כנראה נחוץ להם זמן התאוששות ארוך יותר מ-30 דקות לפני המשחה הבאה. לעומתם השחיינים הרגילים הסתפקו ב־30 דקות לשם התאוששות מלאה. מומלץ לבצע מחקר נוסף, אשר יבודד את סוגי הנכויות השונים וייתחס לכל אחד מהם בנפרד, בהתאם למסת השריר הפעילה אצל כל אחד מהנבדקים. לא ניתן להצביע על קשר ברור בין מסת השריר הפעילה לבין יכולת פיזור La. לשם כך יש לבצע מבדקים ממוקדים יותר, המתייחסים באופן אישי לכל שחיין ונכותו. כמו כן שרירה וקיימת ההמלצה להיעזר בריכוז La בדם ובדופק ככלים להערכת עוצמת האימון.

ביבליוגרפיה

לוסטיג, ג' ולנדר, י' (2004). מעל המגבלות. דינמי, 5, 54-56.
נייס, ש' וענבר, ע' (2003). הפיזיולוגיה של המאמץ. היבטים תאורטיים וישומם בתחומי הכושר, הביצוע הגופני והשמירה על הבריאות. רמת גן: פוקוס.
רוטשטיין, א' (1992). הביולוגיה והפיסיולוגיה של גוף האדם. מכון וינגייט.

Bentley, J. D., Philipps, G., McNaughton, L. R., and Batterham, A. M., (2002). Blood lactate and stroke parameters during front crawl in elite swimmers with disability. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(1), 97-102.

<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200202000-00015>

Bishop, P., Martino, M. (1993). Blood lactate measurements in recovery as an adjunct to training. *Sports Medicine*, 16, 5-13.

<http://dx.doi.org/10.2165/00007256-199316010-00002>

Bonen, A., Baker, S. K., and Hatta, H. (1997). Lactate transporters and lactate transport in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22, 531-552.

<http://dx.doi.org/10.1139/h97-034>

Brooks, G. A. (2002). Lactate shuttles in nature. *Biochemical Society Transactions*, 30(2), 258-264.

<http://dx.doi.org/10.1042/bst0300258>

Juel, C. (2001). Current aspects of lactate exchange: lactate/H⁺ transport in human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 86(1), 6-12.

<http://dx.doi.org/10.1007/s004210100517>

Goosey, T., Batterham, A. M., Tolfrey, K. (2003). Scaling behavior of VO₂ peak in trained wheelchair athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35, 2106-2111.

<http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000099106.33943.8C>

Keskinen, K. L. (1994). Measurement of technique in front crawl swimming. In Y. Miyashita, Mutoh and Richardson (Eds.), *Medicine and Science in Aquatic* (pp 117-125). Basel: Medicine Sport Science.

<http://dx.doi.org/10.1159/000423716>

Lavoie, J. M., Leger, L. G., Leone, M., and Provencher, P. J. (1985). A maximal multistage swim test to determine the functional and maximal aerobic power of competitive swimmers. *Journal of Swimming Research*, 1, 17-22.

Leicht, C., Perret, C. (2008). Comparison of blood lactate elimination in individual with paraplegic and able-bodied individuals during active recovery from exhaustive exercise. *Journal Spinal Cord Medicine* 31, 60-64.

PMid:18533413 PMCID:PMC2435020

Leicht, C. A., Bishop, N. C., Goosey-Tolfrey, V. L. (2012). Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*, 22, 729-736.

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01328.x>

McArdle, W., Katch, F., Katch, V. (2007). *Exercise physiology, energy, nutrition, and human performance* (6th ed.). Williams & Wilkins.

Pelayo, P., Moretto, P., Robin, H., Sidney, M., Gerbeaux, M., Latour, M. G., Marc-Lavoie, J. (1995). Adaptation of maximal aerobic and anaerobic tests for disabled swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 512-17.

<http://dx.doi.org/10.1007/bf00238553>

Pelayo, P. I., Mujika. I. S., and Chatard J. C. (1996). Blood lactate recovery measurements, training and performance during a 23-week, period of competitive swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 74, 107-113.

Pyne, D. B., Lee, H., Swanwick, K. M. (2001). Monitoring the lactate threshold in world- ranked swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 291-297.

<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200102000-00019>

Reilly, T., Morris, T., Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. *Journal of Sports Sciences*, 27, 575-589.

<http://dx.doi.org/10.1080/02640410902729741>

Svedahl, K., & MacIntosh, B. R. (2003). Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28, 299-323.

<http://dx.doi.org/10.1139/h03-023>

Weltman, A. (1995). The blood lactate response to exercise. Current issues in exercise science. Monograph number 4. pp: 81-86. *Human Kinetics*

Yoshida, T., Chida, M., Ichioka, M., Suda, Y. (1987). Blood lactate parameters related to aerobic capacity and endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 7-11.

<http://dx.doi.org/10.1007/bf00696368>