
Practicability and validity of roller ergometer test for anaerobic fitness evaluation of wheelchair basketball players / שימוש בארגומטר גלילים להערכת כושר אנאירובי של שחקנים ושחקניות כדורסל בכיסא גלגלים

Author(s): ישעיהו הוצלר, גיא סלומון, Y. Hutzler and G. Salomon

Source: *Movement: Journal of Physical Education & Sport Sciences* / כתב-עת: בתנועה: כתב-עת / מאי 1997 / מאי 1997, Vol. 7, No. 1 (אייר תשנ"ז), pp. 7-29

Published by: Academic College at Wingate

Stable URL: <https://www.jstor.org/stable/23633171>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <https://about.jstor.org/terms>



JSTOR

is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Movement: Journal of Physical Education & Sport Sciences* / כתב-עת: בתנועה: כתב-עת למדעי החינוך הגופני והספורט

עיון ומחקר

שימוש בארגומטר גלילים להערכת כושר אנאירובי של שחקנים ושחקניות כדורסל בכיסא גלגלים

ישעיהו הוצלר וגיא סלומון

תקציר

ארגומטר גלילים הוא אמצעי חדש יחסית להערכת כושר גופני של בני אדם בעלי פגיעות בגפיהם התחתונות. בין מרכיבי הכושר הגופני הרלוונטיים לאוכלוסייה זו מייחסים לאחרונה חשיבות מרובה לכושר האנאירובי. תחום יכולת זה מבטא את המאמץ הנעשה בפרקי זמן קצרים (של כמה שניות ועד שתי דקות) באמצעות אנרגיה המיוצרת על ידי הגוף, בלא צורך בחמצון פחמימות. רבות ממשימות התנועה היום-יומיות של המשתמשים בכיסא גלגלים מבוססות על תחום יכולת זה. חלק ניכר מהפעילות הספורטיבית, ובעיקר כדורסל בכיסא גלגלים, מושתת גם הוא על משימות בתחומי זמן אלה. לפיכך יש לייחס חשיבות מרובה לאבחון הכושר הגופני בתחום הכושר האנאירובי אצל שחקני כדורסל (נשים וגברים). מטרתו של מחקר זה היא לאפיין את התוקף הנראה של המבדק ולהצביע על שימושים מעשיים בו. שנים-עשר גברים ושמונה נשים המשתתפים בנבחרות ישראל כדורסל בכיסאות גלגלים נטלו חלק במחקר. הם קיימו שני מבדקי שדה, המשקפים פעילויות טיפוסיות למשחק כדורסל, ואת המבחן האנאירובי של וינגייט בגרסה מותאמת לארגומטר גלילים, שהוצב בזירת האימון. המתאמים בין זמני הביצוע במבדקי השדה והמרחקים במבדקי המעבדה היו גבוהים ($r = -.78$ - $-.84$). ההבדלים בין קבוצת הגברים והנשים שנבדקו בעזרת מבחן t היו גבוהים ומובהקים ($p < 0.001$). נתונים אלה מצביעים על תוקף נראה של המבדק, כמו גם על קשר גבוה ($r = .80$) בין תדירות הנעת כיסא הגלגלים במבדק המעבדה לבין זמן הביצוע במבדקי השדה. כדי לאפשר אבחון אמין מומלץ לאפיין בעתיד את דרגות הדיוק ואת המהימנות של המבחן האנאירובי באמצעות ארגומטר גלילים. כמו כן יש לחקור את עומס הבלימה המיטבי במהלכו של המבחן.

תאריכים: כדורסל; ספורט נכים; גפיים תחתונות; כיסא גלגלים; כושר אנאירובי.

השימוש בכיסא גלגלים

על פי הערכות שונות, כ-0.4% מהאוכלוסייה משתמשים בכיסא גלגלים לניידותם (Parks, 1984). הנעת כיסא הגלגלים נעשית באמצעות קבוצות שרירים של הגפיים העליונות, המהוות כשמינית ממסת הגוף. לעומת זאת, תנועת בני אדם שאינם נכים נעשית בעזרת קבוצות השרירים של הגפיים התחתונות, המהוות כמחצית ממסת הגוף. עקב מיעוטה היחסי של המסה השרירית המשתתפת בתפקוד היום-יומי אצל נכים פגועי גפיים תחתונות, חשופה אוכלוסייה זו לסיכויי בריאות (מחלות לב, סכרת, לחץ דם גבוה וכו') יותר מאשר כלל האוכלוסייה (Yekutieli et al., 1983). לפיכך המליצו חוקרים רבים על פעילות גופנית וספורט כאמצעי לשמירת בריאותם של המשתמשים בכיסא גלגלים (למשל: Jockeim & Strohkendl, 1978). ממחקרים שבחנו את התגובה למאמץ גופני במהלך ביצוע של סוגי ספורט שונים נמצא כי בכדורסל בכיסאות גלגלים, המאמץ הגופני - כפי שמתבטא בדופק ובצריכת חמצן מרבית - הוא הגבוה ביותר, למעט מירוצים ושחייה (Coutts, 1988; Burke et al., 1985). ממוצעי הדופק שנמדדו במחקרים אלה היו 141 ו-149 בהתאמה. בהנחה שהדופק המרבי = גיל - 220, והדופק במנוחה הוא כ-70 פעימות לדקה, הרי הערכים שצוינו לעיל מצביעים על מאמץ של יותר מ-50% מרזרבת הדופק. צריכת החמצן שנמדדה במהלך משחק כדורסל בכיסא גלגלים היתה כ-1.7 ליטר/דקה, שהיא יותר מ-60% מהצח"מ המרבי הנמדד בקרב מרבית נפגעי גפיים תחתונות בעבודת זרועות (Shephard, 1990). במשחק הכדורסל בכיסא גלגלים מעורבות קבוצות שרירים השונות מאלה המעורבות בכדורסל רגיל ובמשחקי ספורט אחרים המתבצעים גם הם בעזרת תנועות הגפיים התחתונות. לפיכך, לפני שנבדוק את היתכנותו ותקפותו של מבדק ארגומטרי לקביעת כושר במשחק זה, מן הדין לבדוק את מרכיבי המאמץ הפיסיולוגי והפיסיקלי של הנעת כיסא גלגלים במהלך משחק הכדורסל.

לוח 1 מתאר ממצאים נבחרים ממחקרים המתארים את המאמץ הגופני שמבצעים השחקנים במהלך משחקי כדורסל בכיסאות גלגלים.

לוח 1:

סיכום ממצאי מחקרים בנושא המאמץ הגופני במהלך משחק הכדורסל בכיסא גלגלים

מחבר	שנה	משתנה	ערך ממוצע	מס' נבדקים
Coutts	1986	דופק ממוצע	149 פעימות לדקה	לא צוין
Burke et al.	1985	צח"מ ממוצע	1.7 ליטר לדקה	4
Coutts	1992	המרחק הכולל	5000 מטר	4
Coutts	1992	מהירות ממוצעת	2.0 מטר בשנייה	4
Coutts	1992	מהירות מרבית	4.98 מטר בשנייה	1
Coutts	1992	כוחות בלימה	7.5 ניוטון	4
Coutts	1994	הספק מרבי במיאוץ	530 וואט	9 גברים
Coutts	1992	הספק הנעה ממוצע	29.5 וואט	2
Coutts	1992	הספק בלימה ממוצע	43.0 וואט	2
Coutts	1992	יחס הנעה / בלימה	36% / 64%	2
Coutts	1992	יחס הנעה מאומצת	10%	2

מתוך לוח 1 ניתן להבחין כי אופי הפעילות במשחק כדורסל בכיסא גלגלים דומה לזה שבמשחק כדורסל רגיל, והוא כולל מאמץ מעורב ממקורות אנרגיה אירוביים ואנאירוביים (קניץ, 1975). ברם, יש להביא בחשבון כי יכולת המאמץ האירובי בכיסא גלגלים מוגבלת בגלל התעייפות מקומית של מסת השרירים הקטנה יחסית, הפעילה בעת ביצוע המאמץ (Janssen et al., 1993; Hoffman, 1986). כמו כן יש לציין שאותה מסת שרירים נדרשת גם למשימות אחרות במשחק הכדורסל (כגון כדור, מסירות, הגנה, קליעה). מכאן אפשר להבין כי יכולת התפקוד האנאירובי בעזרת הידיים מהווה אמת-מידה חשובה להערכת הכושר הגופני ויכולת הביצוע של שחקן הכדורסל המשתמש בכיסא גלגלים. בגין חשיבותה של אמת-מידה זו, יוצגו להלן התהליכים המקובלים עד כה לאבחונה בקרב ספורטאים המשתמשים בכיסאות גלגלים.

אבחון כושר גופני אנאירובי בקרב פגועי הגפיים התחתונות

פעילות אנאירובית

פעילות אנאירובית מוגדרת כמאמץ עצים, הכרוך בהפעלת מסת שרירים גדולה למשכי זמן קצרים - החל משניות ספורות ועד קרוב לדקה. במהלך פעילות גופנית מסוג זה

משתחררת אנרגיה רבה בשניות הראשונות למאמץ. אם המאמץ נמשך יותר משניות ספורות, הרי תהליך ייצור ה-ATP מערב ייצור חומצת חלב, הגורמת לחומציות גוברת והולכת בשריר ולהתעייפות מקומית (Wilmore & Costill, 1993). שחקן כדורסל המניע את כיסאו במגרש אנה ואנה באמצעות ידיו ומגיע למצב קליעה עלול להיכשל בכך שהכדור לא יגיע לסל עקב החומציות היתרה בשריר. סף חומצת החלב בדם מוגדר כ-4 מילימול. במחקר במכללת וינגייט נמצא כי משתמשים מיומנים בכיסאות גלגלים עוברים סף זה כבר ב-57% מרזבת הדופק שלהם בממוצע, כלומר בדופק של 130 בקירוב (Rotstein et al., 1994). זהו דופק שגרתי מאוד במשחק הכדורסל בכיסא גלגלים (Coultts, 1988).

מבחני כושר אנאירובי

מרבית המבחנים הנפוצים לאבחון כושר גופני אנאירובי (למשל מבחן המדרגות של מרגריה - Margaria, Aghemo & Rovelli, 1966) אינם מתאימים לאבחון פגועי גפיים תחתונות, עקב השימוש בחלק גוף זה כאמצעי לביצוע. מבחן אחר המודד יכולת אנאירובית אצל נפגעי גפיים תחתונות והנמצא בשימוש באופן מתקבל על הדעת הוא **המבחן האנאירובי של וינגייט**.

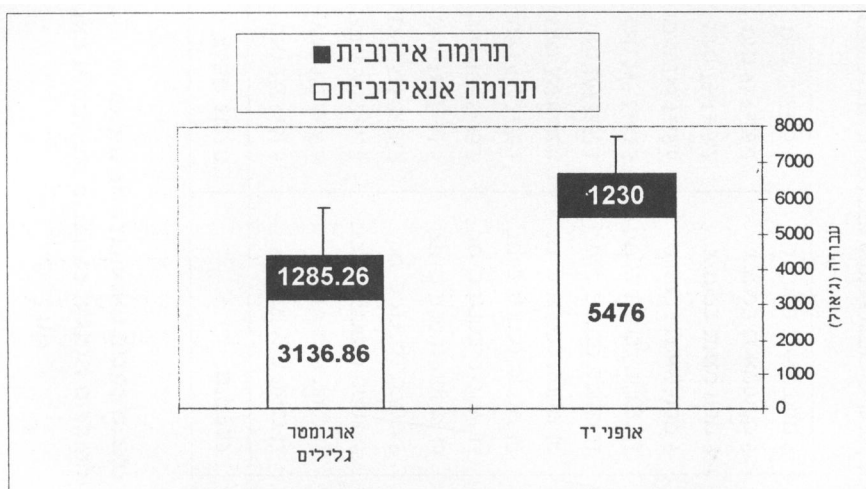
מבחן זה מספק שלושה מדדים עיקריים:

- ★ הספק מרבי (ליחידת זמן של 5 שניות)
- ★ הספק ממוצע במשך 30 שניות (זמן המבחן)
- ★ מדד התעייפות המבטא את האחוז מההספק המרבי של ההפרש בין ההספק המרבי וההספק המינימלי, המושג ביחידת זמן של 5 שניות במהלך המבחן (Bar-Or, 1987; Inbar, Bar-Or & Skinner, 1996).

בשנים האחרונות נעשה שימוש מסוים במבחן זה, באמצעות סוגים שונים של פלטפורמות מדידה (דיון מקיף בשיטות - ראה הוצלר ואוחנה, 1993), ואלה הם:

- ★ ארגומטר זרועות (הוצלר ואוחנה, 1993; Bolotin, 1993; Hutzler, 1993 a, b)
- ★ סימולטור מעבדתי ניח של כיסא גלגלים (Veeger et al., 1992; Dallmeijer et al., 1994)
- ★ ארגומטר גלילים, המאפשר שימוש בכיסא הגלגלים האישי של הנבדק (Lees & Arthur 1988; Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995).

אחד המחקרים מציג את תקפותו האקולוגית (ecological validity) של מבחן וינגייט המבוצע באמצעות ארגומטר זרועות על ידי נדידת צריכת החמצן במהלך המבחן ובמהלך החזרת חוב החמצן לאחריו (Hollander et al., 1993). במחקר אחר הוצגה באופן דומה תקפותו של המבדק באשר לארגומטר כיסא גלגלים (Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995). איור 1 מציג את אחוז הניצול של מקורות האנרגיה במחקרים אלו, שנמדד באמצעות חישוב צריכת חמצן נטו במהלך החזרת חוב החמצן לאחר ביצוע מבחן וינגייט. על פי האיור, מרבית האנרגיה שנצרכה במהלך המבחן ולאחריו מבוססת על מקורות אנאירוביים. לפיכך, מבחן זה עשוי להיחשב תקף לבחינת מאמץ אנאירובי.



המקור: Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995

איור 1:

ניצול של מקורות אנרגיה אירוביים ואנאירוביים על פי נתוני צריכת חמצן נטו במהלך מבחן וינגייט באופני יד (18% ו-82% בהתאמה) ובארגומטר גלגלים (29.8% ו-70.2% בהתאמה)

בלוח 2 מוצג מבחר ממצאים ממחקרים שנערכו לאחרונה ושהתבססו על המבחן האנאירובי של וינגייט. הממצאים נגעו להספקים המרביים והממוצעים שהושגו אגב שימוש בפלטפורמות אלה וההתנגדויות (מקדמי הבלימה) שהשתמשו בהן במהלך המבחן.

לוח 2:
הצגה השוואתית של הספקים מרביים ומוצגים שנמצאו במחקרים שהשתמשו בארגומטר זרועות ובארגומטר כיסא גלגלים במבחן האנאירובי של וינגייט

משתנה	חוקר	נבדקים	הי שן SD X±	התנגדות	ארגומטר
הספק מרבי	Bar-Or et al., 1976	17 נפגעי חוט שדרה	212.9±61.8 ואט	30 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק ממוצע	Bar-Or et al., 1976	17 נפגעי חוט שדרה	191.3±59.6 ואט	30 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק מרבי	Hutzel, 1993	9 שחקני נבחרת כ. סל	393.2±68.8 ואט	25 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק ממוצע	Hutzel, 1993	9 שחקני נבחרת כ. סל	324.0±55.9 ואט	25 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק מרבי	Bolotin, 1993	13 שחקני נבחרת כ. סל	481.7±84.5 ואט	35 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק ממוצע	Bolotin, 1993	13 שחקני נבחרת כ. סל	407.8±85.7 ואט	35 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק מרבי	הוצלר ואורתה, 1993	10 שחקני נבחרת כ. סל	433.2±96.1 ואט	25 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק ממוצע	הוצלר ואורתה, 1993	10 שחקני נבחרת כ. סל	338.8±82.0 ואט	25 ג' /קגמ"י	זרועות
הספק מרבי	Hutzel et al., 1995	11 שחקני נבחרת כ. סל	169.3±52.1 ואט	0.4-0.2 ק"י	גלילים
הספק ממוצע	Hutzel et al., 1995	11 שחקני נבחרת כ. סל	149.2±44.3 ואט	0.4-0.2 ק"י	גלילים
הספק מרבי	Veeger et al., 1992	9 ספורטאים בכיס"י	138.4±19.6 ואט	1.0-0.5 ק"י	סימולטור
הספק ממוצע	Veeger et al., 1992	9 ספורטאים בכיס"י	74.4±9.2 ואט	1.0-0.5 ק"י	סימולטור
הספק מרבי	Lees & Arthur, 1988	9 ספורטאים בכיס"י	93.4±6.0 ואט	1.2-1.0 ק"י	גלילים
הספק ממוצע	Lees & Arthur, 1988	9 ספורטאים בכיס"י	75.2±5.4 ואט	1.2-1.0 ק"י	גלילים

ק"י=קילוגרם; קגמ"י=קילוגרם / משקל גוף; ג' =גרם; כיס"י=כיסא גלגלים; כ. סל=כדורסל.

למרות חשיבותו של מדד ההתעייפות להערכת כושר אנאירובי הוא הוצג במחקר אחד בלבד (Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995), שעשה שימוש בארגומטר גלילים (+17.0%).

בלוח 2 ניתן לראות כי ההספקים המופקים במבחן באמצעות ארגומטר זרועות גבוהים באופן ניכר מההספקים בארגומטר כיסא גלגלים. תופעה זו נובעת מכך שהיעילות המכנית בהנעת ארגומטר זרועות גדולה בשיעור ניכר מהיעילות המכנית בהנעת כיסא גלגלים (16% לעומת 10% בהתאמה) (Woude, Janssen, Meijs et al., 1994).

בעת ניתוח התוצאות המוצגות בלוח 2 יש להתייחס לכמה מגבלות תפעוליות במהלך ביצוע המבדקים, ואלה הן:

★ אין אחידות בקביעת עומס ההתנגדות המיטבי (Optimal Braking Load: OBL). בארגומטר זרועות נעים הדיווחים בין 0.25 ג' ל-0.35 ג' לקילוגרם משקל גוף מסובך יותר. משקל הגוף איננו מהווה קריטריון מתאים, שכן התנגדות הגלגול במישור קשורה רק במידה מועטה ברכיב זה (Astrand & Roland, 1986). חוקרים אחדים השתמשו בעומסים שונים לאוכלוסיות שונות, תוך התחשבות בקריטריונים של גובה פגיעה, משקל וניסיון תפעולי של כיסא גלגלים (Veeger et al., 1992). חוקרים אחרים לא דיווחו כלל על מקדם התנגדות (Coutts & Stogryn, 1987), ואילו במחקרים אחדים נעשה שימוש בהתנגדות המכנית הפנימית, הנמדדת על ידי הארגומטר באופן אישי לכל נבדק ותלויה במשתני כיסא הגלגלים, במשקל הנבדק ובתנוחת הישיבה שלו (Hutzler, 1986; Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995).

★ הפלטפורמות המשמשות לביצוע המבחן אינן אחידות. בעוד במבחן ארגומטר זרועות השתמשו החוקרים בדרך כלל באופני "פלייש", שהותאמו לגובה כתפו של הנבדק, הרי בארגומטר כיסא גלגלים השתמשו חלק מהחוקרים במתקן ניח, המדמה תנועה בכיסא גלגלים (סימולטור) (Janssen et al., 1993; Veeger et al., 1992). שאר החוקרים השתמשו במתקן אלקטרו-מכני עם גלילים, המאפשר להניע את כיסא הגלגלים ואישי של המשתמש (Coutts & Stogryn, 1987; Lees & Arthur, 1988; Lees, 1993; Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995). לכל מערכת יתרונות וחסרונות משלה. מערכת ההדמיה מנטרלת משתנים מתערבים, התלויים במבנה של כיסא הגלגלים האישי וביחסי הגומלין בין המשתמש לבין המערכת המכנית בעת הפעלת הכוח עליה. לפיכך, ניתן לבדוק באמצעותה את היכולת התפקודית בתנאים אובייקטיביים פחות או יותר ביחס למתקן הגלגלים. ברם, תנאים כאלה אינם מתרחשים בשטח, שהרי כל שחקן כדורסל משתמש בכיסא הגלגלים המותאם לו

באופן אישי. כמו כן, לעתים קיים הבדל (אפילו ניכר) בין תפקודי שתי הידיים. קיימים הפסדים עקב עיוותים בכיסא הגלגלים, וישנם גם הבדלים מהותיים בין מצבי התאמה שונים של כיסא גלגלים, הבדלים ברדיוס הגלגלים המניעים ועוד.

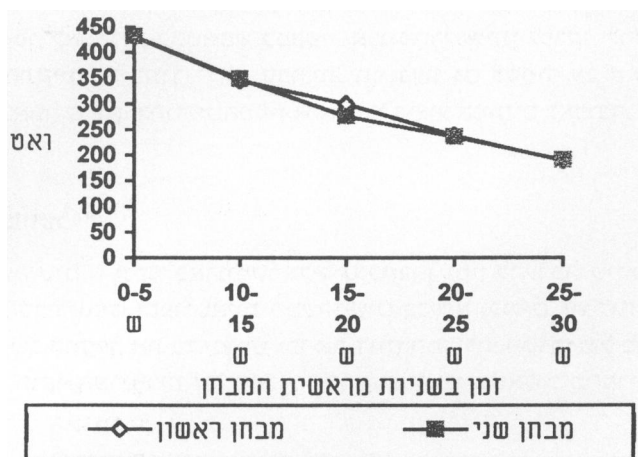
בחירת אמצעי אבחון

קבלת החלטה באשר לסוג האמצעי האבחוני שיש להשתמש בו תלויה במטרות הבדיקה:

★ אם הכוונה לבדוק את מצב הכושר הגופני הכללי של הספורטאי ולהעריך את הפוטנציאל שלו לבצע מאמץ אנאירובי בהשוואה לאחרים, הרי יהיה זה נכון להשתמש בארגומטר זרועות, המדגים מצב אחיד לכל הנבדקים בתנאי יעילות מכנית הטובים ביותר שניתן להפיק במאמץ זרועות. כמו כן, ניתן בדרך זו להעריך את יכולתם של ספורטאים העוסקים בענפי ספורט שונים, שלא דורשים בהכרח שליטה במיומנויות הקשורות בשימוש בכיסא גלגלים.

במחקר שנערך באמצעות ארגומטר זרועות, עם ספורטאי נבחרת ישראל שהתאמנו לקראת אולימפיאדת הנכים בברצלונה 1992 נמצא, כי השחיינים והמשקולנים היו בעלי היכולת האנאירובית הגבוהה ביותר (המרבית והממוצעת במבחן וינגייט) (Bolotin, 1993). מרבית ספורטאים אלה חסרים את השליטה במיומנויות של הנעת כיסא גלגלים בעצימות גבוהה. לפיכך, אילו היו הספורטאים נבדקים באמצעות ארגומטר כיסא גלגלים, הממצאים היו ככל הנראה מעוותים ובלתי תקפים.

★ לעומת זאת, כאשר מטרת האבחון היא בקרת תכנית אימונים של שחקני נבחרת כדורסל, הרי השימוש בארגומטר זרועות לא נמצא מועיל עד כה. לאחר הכנה אינטנסיבית של שחקני נבחרת הכדורסל, שהתאמנו ב-1993 לקראת אליפות אירופה, נמדדו שינויים אישיים מזעריים בהערכת היכולת האנאירובית באמצעות ארגומטר זרועות, כפי שמוצג באיור 2 להלן.



איור 2:

הישגים אישיים של שחקן המשתתף לסגל נבחרת ישראל לאלופות אירופה בכדורסל בחודשים מרץ ויוני 1993, כפי שנמדדו באמצעות מבדק אנאירובי בארגומטר זרועות

במחקר אחר נמצא כי תוקף הקריטריון לניבוי (predictive validity) של ארגומטר זרועות ביחס לביצועים הנדרשים בכדורסל בכיסא גלגלים היה נמוך (Hutzler, 1993 a,b). שכן, נמצא מתאם נמוך למדי בין הספק מרבי והספק ממוצע במבדק האנאירובי באמצעות ארגומטר זרועות לבין הישגים במבחני שדה (מיאוצים וסלאלום), המייצגים מאמצים אנאירוביים של משחק הכדורסל ($r \text{ range} = .31-.43$). בקרה שוטפת של כושרו הגופני של הספורטאי חשובה ביותר להכנתו הגופנית לתחרויות. עד כה לא ידוע לנו על שימוש בארגומטר לבקרת תכניות של אימון ספורטיבי. ברקע העיוני שהובא לעיל הוצגו המגבלות של ארגומטר הזרועות כאמצעי למטרה זו עבור שחקנים ושחקניות כדורסל בכיסא גלגלים.

זמינות המבחן הארגומטרי

בדרך כלל מבדקים ארגומטריים נערכים במעבדה, עובדה המאפשרת דיוק גבוה במדידה ובקרה מיטבית של תנאי הביצוע. עם זאת, ריחוקה של המעבדה משדה הפעילות של הספורטאים מהווה על פי רוב מכשלה באשר ליעילות ולנוחיות של

השימוש באמצעי זה, שכן ספורטאים רבים מתקשים להגיע לאבחון. חשיבות רבה יש לייחס, אם כן, לאפשרות להשתמש במכשיר ארגומטרי שניתן לפרקו, להעבירו לזירת האימון ולהתקינו בה בתוך דקות ספורות, ובו בעת גם לשמור על איכות המבדק המעבדתי באשר לדיוק ולהגדלת המגוון של רכיבי ביצוע הניתנים לאבחנה.

מטרות המחקר

לפני שיעשה שימוש תקני בארגומטר גלילים כמבחן זמין להערכה שוטפת של כושר גופני בקרב ספורטאים וספורטאיות המשתמשים בכיסא גלגלים, יש לוודא את תוקף הקריטריון של המבחן, את מהימנותו וכן את דיוק המדידה. מטרתו של מחקר זה היא לאפיין את תוקף הקריטריון של המבחן בהתייחס לשלוש שאלות מחקריות עיקריות, ואלה הן:

- ★ האם קיים מתאם גבוה בין ההישגים במבחן לבין ההישגים במבחן שדה, המתאר משימות טיפוסיות למשחק כדורסל בכיסא גלגלים?
- ★ האם קיימים הבדלים בכושר הגופני של קבוצות בעלות יכולות שונות (גברים מול נשים ובעלי רמות תפקוד שונות)?
- ★ האם המבחן מספק מידע נוסף, הרלוונטי למאמן ולספורטאי, שאינו מתקבל במבחן שדה? שהרי אלמלא כך, אין צורך במבחן ארגומטרי להערכת הכושר.

שיטה

הנבדקים

שנים-עשר גברים ושמונה נשים, כולם חברי נבחרת ישראל בכדורסל בכיסא גלגלים, השתתפו במחקר. במשחק כדורסל בכיסא גלגלים משחקים שחקנים בעלי יכולת תפקודית שונה, בהתאם לסוג הפגיעה במערכת התנועה ולעוצמתה. בהתאם לכך מקבלים השחקנים ניקוד בין-לאומי (International Wheelchair Basketball Federation Handbook, 1995). ככל שהיכולת התפקודית גבוהה יותר, כך הניקוד גבוה יותר (טווח של 4.5-1 נקודות).

קבוצות הגברים במבחן מנתה ארבעה ספורטאים בעלי ניקוד של 4.5 נקודות, נבדק אחד שניקודו 3.5 נקודות, נבדק אחד 3 נקודות, ארבעה נבדקים 2 נקודות ושני נבדקים בעלי נקודה אחת. קבוצת הנשים מנתה שלוש נבדקות בעלות ניקוד של 4 נקודות, שתי

נבדקות שניקודן 3 נקודות, נבדקת אחת עם 2.5 נקודות ושתי נבדקות עם 2 נקודות. גיל השחקנים והשחקניות נע בין 22 ל-45, והממוצע 29.5 ו-35.2 אצל הגברים והנשים בהתאמה.

כלי המחקר

במחקר זה נעשה שימוש בשני סוגים של כלי אבחון:

★ מבחן ארגומטרי-מעבדתי

★ מבדקי שדה.

בחינת הקשר בין ההישגים במבדקים השונים תהווה בסיס לקביעת תקפותו של המבדק הארגומטרי.

ציוד המבחן הארגומטרי

המכשיר מדגם Willy פותח בישראל על ידי חברת "נחיצות הבריאות" מבאר יעקב בשנים 1994-1995. המכשיר משמש כאב-טיפוס של מתקן הדמיה לאבחון ולאימון של הנעת כיסאות גלגלים, תוך כדי אחסנת נתוני המדידה לשם מתן משוב בזמן אמיתי. המכשיר מודד באופן נפרד נתונים ביחס לכל אחד משני הגלגלים האחוריים של כיסא הגלגלים, המונחים על גבי שני גלילים באורך של 190 מ"מ ובקוטר של 40 מ"מ כל אחד. ארבעת הגלילים מחוברים באמצעות תמסורות ורצועות לשני מנועים חשמליים מסוג DC Brushless מתוצרת Bental (ישראל), המבוקרים על ידי מערכת שליטה ממוחשבת הפועלת בסביבת חלונות. לאחר איפוס כללי של המערכת מבוצע איפוס אישי לכל נבדק, בהתחשב בנתוני המשקל של הנבדק והכיסא, קוטר הגלגלים האחוריים שלו, קוטר חישוקי האחיזה והמרחק בין נקודות המגע של הגלגל האחורי והקדמי. נתונים אלה מוזנים למערכת ומספקים נתוני ייחוס לתוכנת הבקרה. מערכת מדידה מדויקת (עד 100 דגימות בשנייה) מספקת ברציפות מידע על מהירות הסיבוב וכוחות הפועלים על גל המנוע. באמצעות מידע זה, יחד עם נתוני הבקרה האישיים ונתונים פנים-מערכתיים, מסופק מידע שוטף ביחס לתפוקת המערכת (נוסחה 1).

$$F_{user} = (\sum F_{env} + F_{prog} + F_{system}) \quad (\text{נוסחה 1})$$

F_{system} = ביטוי לכוחות הנמדדים על גל המנוע תוך הפחתת הכוחות הנדרשים לאיפוס התנגדויות המערכת וחישוב יחסי התמסורת הפנים-מערכתיים והחישוביים

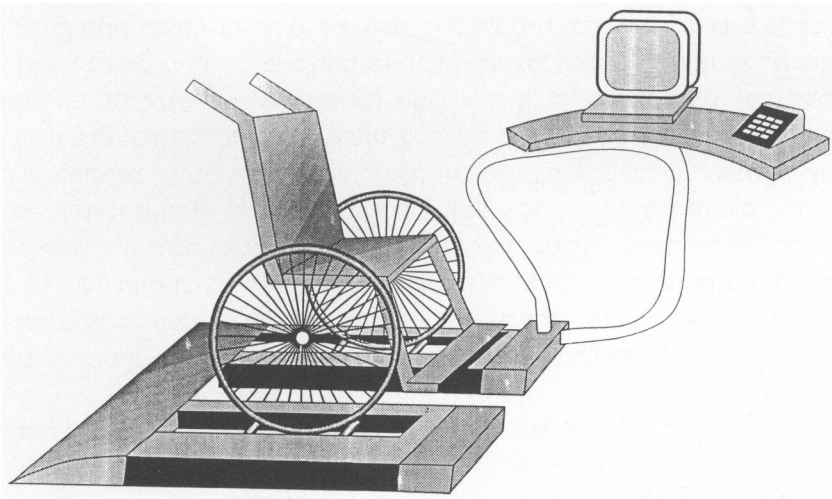
(רדיוס החישוק המגיע והגלגל של כיסא הגלגלים).

$\sum F_{env}$ = סכום הכוחות שמקורם בסביבה ומחושבים על פי מקדמים ידועים (התנגדות גלגול + התנגדות אוויר + מדרון/עלייה).

F_{prog} = הכוחות הנוצרים על ידי המנוע להדמיית תנאי הביצוע המבוקשים, נמדדים על ידי מערכת הבקרה ביחס לשינויי המתח הנוצרים במנוע באופן שוטף.

F_{user} = הכוחות האפקטיביים שמפעיל המשתמש על החישוק במישור החיצי.

מערכת זו מאפשרת שליטה במשתנים שונים במערכת כדי לדמות תנאי שטח שונים כגון עליות וירידות, התנגדויות קרקע שונות ועוד. בדרך זו ניתן לבחור אחת מתוך סדרה של משימות שונות המופיעות במאגר ולהרכיב מגוון אין-סופי של רצפי פעולות. הנתונים המתקבלים במערכת המדידה והבקרה נאגרים בזיכרון, ואת חלקם ניתן לבחור לשם הצגה על גבי מסך המחשב בזמן אמיתי. במחקר זה נעשה שימוש במשימה המדמה את מבחן וינגייט האנאירובי, שבוצע במקור על גבי אופניים ארגומטריים.



ה ל י ך

כל נבדק ביצע את המבדק הארגומטרי ומבדקי השדה באופן אישי ובאימונים נפרדים, בהבדלי זמנים של כשבועיים. במהלך אימונים אלו הושם דגש על הצד הטכני של משחק הכדורסל, ובוצע חימום קל בנסיעה על כיסא הגלגלים. מבדקי השדה והמבדק הארגומטרי נערכו בעזרת כיסא הגלגלים האישי של כל נבדק.

נוהל המבדק הארגומטרי

לאחר שתי דקות של הסתגלות למכשיר (הנעה בקצב "הליכה" בתוספת שני מיאוצים של 5 שניות בסיום), ניתנה לנבדק כדקה וחצי מנוחה. לאחר מכן הוא ביצע נסיעת הרצה ללא עומס במשך כ-10 שניות, שבמהלכן הגיע למהירות מרבית, ואז הופעל עליו העומס שנקבע מראש (2 ק"ג בכל יד). הוא המשיך לפעול 30 שניות, תוך כדי קבלת עידוד מילולי מהבוחנים. העומס ששימש במחקר זה (2 ק"ג בכל יד) נקבע לאחר ניסויים מוקדמים, שבמהלכם נבדק עומס התנגדות זה לעומת אחרים (1-4 ק"ג) בקרב מספר ניכר של נבדקים בדרגות שונות של נכות ויכולת. נמצא כי עומס זה מאפשר ביצוע יעיל אצל נבדקים רבים מאוד. נתוני הביצוע שהופקו מהמבחן במחקר זה הם מרחק מרבי ב-5 שניות (D5), סך-כל המרחק ב-30 שניות (D30) ומדד ההתעייפות (F%), המבטא את הפער באחוזים בין המרחק המרבי למרחק המזערי בפרקי זמן של 5 שניות במהלך המבדק. כמו כן ניתן לציין את תדירותן של התנועות המניעות בכל פרק זמן של 5 שניות (f5) ואת משך הזמן שבו הופעל כוח אפקטיבי ביחידת זמן של 5 שניות (AT5) ובכל תנועה מניעה (AT/f). הנתונים שחושבו במחקר זה היו נתונים ממוצעים של שני הגלגלים. לעתים היו הבדלים משמעותיים בין שניהם, אך הבדלים אלה לא עובדו במסגרת זו. השיקול להשתמש בערכי מרחק ולא בהספקים היה זמינותם ומובנותם למשתמש והמתאמים הגבוהים שנמצאו במחקר קודם בין הספקים שהופקו במבדק לבין נתוני מהירות, וכנגזרות ממנה - המרחק (Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995).

נוהל מבדקי השדה

במהלך אימוני הקבוצות נערכו מבדקי שדה, ובהם נמדד זמן הביצוע של משימות נסיעה בכיסא גלגלים:

- ★ מיאוך למרחק 20 מ' (M20); כל נבדק ביצע את המטלה שלוש פעמים, והתוצאה הטובה מביניהן הובאה בחשבון.

★ מיאוך מרובע למרחק של 20 מ' באולם הכדורסל, על גבי מסלול בן 20 מ' שבקצותיו הוצבו קונוסים בצורת שערים ברוחב 2 מ'. הספורטאים התבקשו לעבור בין השערים, להקיף אותם ולשוב לנקודת המוצא בכל המהירות, וכל זאת שלוש פעמים בלא הפסקה. זמן הביצוע נמדד באמצעות שעון-עצר ידני עם זיכרונות, עד לחציית קו הסיום של המסלול והחל מחציית קו ההתחלה בחזרה, תוך ביטול הזמן לשם ביצוע ההקפה (M80).

מבדק זה נערך פעם אחת בלבד לכל נבדק. הסיבה לביצוע מיאוך מסוג זה כמבחן היא שהוא משקף מצב טיפוסי במשחק הכדורסל: השחקנים מאבדים כדור לעתים תכופות, ונדרשים למעברים מהירים מהתקפה להגנה וחוזר חלילה.

הניתוח הסטטיסטי

תיקוף המבחן הארגומטרי נערך בעזרת הגורמים הבאים:

- ★ בדיקת המתאם בין המשתנים התלויים במבדקי השדה (M80, M20) למשתנים התואמים במבדקי המעבדה (D30, D5)
- ★ המתאם בין ההישגים במבחן הארגומטרי והמשתנה הבלתי תלוי של ניקוד (רמת תפקוד מוטורי)
- ★ השוואה בין הישגי המדגמים של הנשים והגברים (באמצעות מבחני t).

תוצאות

לוח 3 מציג את הממוצעים וסטיות התקן, שנמדדו הן במבדקי השדה והן במבדק הארגומטרי בקרב הגברים והנשים. לוח 4 מתאר את המתאמים שחושבו בין המשתנים השונים.

לוח 3:

ממוצעים וסטיות תקן של ההישגים במבדקי השדה ובמבדק הארגומטרי, שחושבו לכל המדגם ולקבוצות הגברים והנשים בנפרד

ניקוד תפקודי	D30 (מטרים)	D5 (מטרים)	F %	M20 (שניות)	M80 (שניות)	f5 (פעמים)	AT/f (שניות)
ממוצע גברים	2.82	63.95	11.19	11.18	5.43	21.19	10.76
ס"ת גברים	1.44	4.51	0.74	4.47	0.34	1.42	1.12
ממוצע נשים	2.94	48.69	9.21	25.97	6.78	27.07	8.52
ס"ת גברים	0.78	8.69	1.40	5.27	0.66	2.32	0.85
ממוצע סה"כ	2.87	57.52	10.36	17.41	6.00	23.66	9.82
ס"ת סה"כ	1.18	10.03	1.44	8.84	0.84	3.48	1.51

לוח 4:

מתאמים בין המשתנים התלויים במבדקי השדה ובמבדק הארגומטרי

ניקוד תפקודי	ניקוד תפקודי	D30	F5	F %	M20	M80	f5	AT/f5
	1.00							
D30	0.33	1.00						
D5	0.38	0.98	1.00					
F %	-0.19	-0.81	-0.72	1.00				
M20	-0.05	-0.84	-0.78	0.81	1.00			
M80	0.01	-0.82	-0.78	0.80	0.95	1.00		
f5	0.25	0.80	0.79	-0.67	-0.68	-0.64	1.00	
AT/f	-0.13	-0.21	-0.18	0.15	-0.04	-0.10	-0.13	1.00

במבחן t שנערך לבדיקת השונות בין קבוצות הגברים והנשים נמצא הבדל מובהק בכל המדדים ($P < 0.001$).

דיון ומסקנות

הקשר בין ההישגים במבחן הארגומטרי לבין ההישגים במבדקי השדה

★ מבחן וינגייט תוכנן כדי לאפשר הערכה מובדלת בין הספק אנאירובי מרבי, המבוסס על ניצול חומרים עתירי אנרגיה ATP ו-CP (D5), לבין סבולת אנאירובית המערבת תהליכים מייצרי חומצת חלב (D30). מבדקי השדה שנבחרו נמשכו פרקי זמן דומים M20 ו-M80, בהתאמה. גם במבדקי השדה וגם במבחן הארגומטרי נמצאו מתאמים גבוהים מאוד בין שני הרכיבים של הכושר האנאירובי $r=.98$, $r=.95$, בהתאמה. לפיכך לא נמצאו הבדלים בקשר שבין שני מבדקי השדה והמשתנים השונים של המבחן הארגומטרי. ניתן להניח כי התוצאות בשני מבדקים קשורות ככל הנראה לאותם גורמים האחראים על היכולת לבצע מאמץ. גורמים אלה קשורים, קרוב לוודאי, ביכולת האנאירובית, שכן כ-70% מאספקת האנרגיה במבחן וינגייט הנערך עם ארגומטר כיסא גלגלים מתקבלים ממקורות אנאירוביים (Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995). ברם, אין עדיין כל אינדיקציה לגבי מקורותיה של אנרגיה זו, מקורות אלקטיים או לקטיים. לפיכך, ייעשה להלן שימוש רק במשתנה אחד של המבחן הארגומטרי והוא D30, שנמצא במתאם מעט יותר גבוה עם המשתנים התלויים האחרים והמשתנה התואם של מבחני השדה (M80). ממצא זה נתמך על ידי מחקרים אחרים, שמצאו אף הם מתאמים גבוהים בין הספקים מרביים וממוצעים במהלך המבחן הארגומטרי עם סימולטור של כיסאות גלגלים (Veeger et al., 1991) ומתקן גלילים (Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995).

★ נמצא קשר הפוך גבוה ומובהק בין המרחק הכולל במבדק הארגומטרי (D30) לבין זמן הביצוע במבדק השדה M80 ($r=.82$). כלומר, ככל שהזמן במבדק השדה היה קצר יותר, כן המרחק הכולל במבחן הארגומטרי היה גדול יותר. ממצא זה מקנה תוקף ניבוי למבדק הארגומטרי במדגם שנבחר, שכן המידע החשוב למאמן הוא אם הספורטאי יעבור מרחק רב יותר ובזמן קצר יותר. המדגם שנבחר כלל גברים ונשים בסגל הלאומי של ישראל, וטווחי ההישגים במדדים שנדגמו היו גדולים. לכן, בהתייחס למגבלה של מספר נבדקים קטן יחסית במדגם ($n=20$), נראה כי ניתן לחזות את הביצועים בשדה על פי המבדק הארגומטרי ברמת ודאות גבוהה.

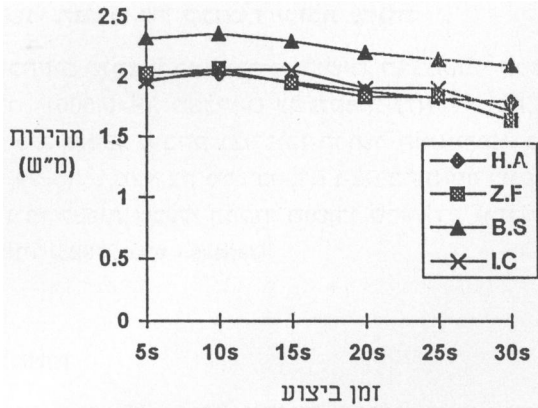
★ נמצא קשר גבוה ומובהק בין מדד ההתעייפות במבדק הארגומטרי והזמן במבדקי השדה, M20, M80 ($r=.80$, $r=.81$). בהתאמה. כלומר, ככל שהנבדק התעייף יותר במשך 30 השניות של המבדק הארגומטרי, כן התארך זמן הביצוע של שני מבדקי השדה. ממצאים אלה משלימים את הממצאים שדווחו בסעיף הקודם לגבי תקפותו של המבדק הארגומטרי.

הבדלים בכושר הגופני של קבוצות יכולת שונות

ההבדלים המובהקים שנמצאו בין הגברים והנשים, הן במשתני המבחן הארגומטרי והן במבדקי השדה ($P < 0.0001$), מצביעים על תקפות נראית טובה, שכן גברים ונשים נבדלים בדרך כלל באופן מובהק במרכיבי הכושר האנאירובי. גם המתאם החיובי **המובהק** ($r = .39, .33$), שנמצא בין מרכיבי D30 ו-D5 בהתאמה לניקוד, מצביע על תוקף המבדק, שכן ניתן לצפות שבעלי תפקוד מוטורי שרירי רב יותר יוכלו להפיק הספק אנאירובי רב יותר (Janssen et al., 1993).

מידע נוסף למאמן

- ★ נמצא מתאם גבוה ($r = .80$) בין המרחק במבדק הארגומטרי (D30) לבין אחד ממשתני הטכניקה, שהוא תדירות מחזורי ההנעה ב-5 שניות (f5).
- ★ משתנה f5 מאפשר לחזות באופן טוב למדי ($r = .64, .68$) גם את התוצאות במבדקי השדה M20, M80 בהתאמה. כלומר, ככל שתדירות מחזורי ההנעה במבדק הארגומטרי (ובהתאמה גם במבדקי השדה) היתה גבוהה יותר, כן הזמן בביצוע המיאוצים היה קצר יותר. לעומת זאת נמצא מתאם שלילי חסר משמעות בין משך המחזור (AT/f) לבין התוצאות במבחני השדה M20, M80, בהתאמה ($r = .04, -.10$). על סמך מידע זה ניתן להמליץ למאמן להדגיש את תדירות הביצוע של מחזורי ההנעה על חשבון משך המחזור.
- ★ נמצא מתאם הפוך גבוה למדי ($r = -.68$) בין משתנה הטכניקה f5 לבין מדד ההתעייפות. כלומר, ככל שהנבדק התעייף יותר, כך נטה להקטין את תדירות מחזורי ההנעה. על סמך מידע זה ניתן להמליץ למאמן להקפיד על שמירת התדירות של מחזורי ההנעה גם בתנאי עייפות.
- ★ נוהל המבדק הארגומטרי, שהתקיים במחקר זה על גבי הארגומטר, כלל התנגדות אחידה של ק"ג אחד לכל יד אצל כל הנבדקים ומשך ביצוע של 30 שניות ו-10 שניות האצה. נוהל זה מציג עקומת מרחק ביחס לזמן, הדומה בתבניתה הכללית (עלייה ב-5-10 השניות הראשונות וירידה הדרגתית לאחר מכן) לעקומת הספק ביחס לזמן, המתקבלת בדרך כלל במבדק וינגייט על גבי אופניים ארגומטריות (איור 4) (השווה Bar-Or, 1987). ברם, העקומה האישית במחקר זה היא בדרך כלל שטוחה יותר, כפי שהדבר מתבטא ממדד ההתעייפות הנמוך שנמצא במחקר (17.4% בממוצע). בקרב הגברים הציג מדד זה 11% התעייפות בלבד, בניגוד לערכים של 30%-40% במבחני וינגייט המקובלים (Bar-Or, 1987). לפיכך ראוי לשקול להשתמש להבא בדרגות התנגדות גבוהות יותר לגברים מיומנים.



איור 3:

עקומת מהירות (מטר/שנייה) ביחס לזמן ביצוע (בשניות) במבדק וינגייט האנאירובי בקרב ארבעה שחקני נבחרת ישראל בכדורסל (גברים) בכיסאות גלגלים

רק במחקרים מועטים דווח על מדד ההתעייפות. חישוב מאוחר של הנתונים שנמסרו במחקר אחד מצביע על 10% התעייפות בקרב חמישה ספורטאי מסלול אמריקאים (Coutts & Stogryn, 1987). שחקני נבחרת הכדורסל של גרמניה הציגו ערך ממוצע של 15%, הקרוב במידה רבה לממצאי מחקר זה (Hutzler, Grunze & Kaiser, 1995). מדד ההתעייפות עשוי לתת מידע רב למאמן, שכן ככל שהוא גבוה יותר כך היכולת להמשיך במאמץ עצים במהלך פרקי זמן רלוונטיים למשחק הכדורסל (20-30 שניות) נמוכה יותר. בנוסף לתמונה הכללית, איור 3 מציג הבדלים ייחודיים בין תבניות הביצוע של שחקנים שונים: שחקן B.S. טוב מהאחרים באופן ניכר הן בהישג המרבי ב-D5 והן ב-D30.

סיכום

המבחן האנאירובי באמצעות ארגומטר גלילים נמצא בעל תוקף ניבוי גבוה, כפי שמתבטא במתאמים בין ההישגים במבחן זה לבין ההישגים במבדקי השדה המושתתים על מאמצים אנאירוביים בטווחי זמן דומים. תקפותו של המבחן מתבטאת גם במתאם החיובי של ההישגים והסיווג התפקודי של הספורטאים והספורטאיות (ראה לעיל בפרק הנבדקים) ובהבדלים המובהקים בהישגים בין קבוצת הבנים והבנות. כמו כן, המבחן הארגומטרי נמצא מתאים לאפיין משתנים טכניים בעלי

חשיבות להנעת כיסא גלילים. המידע שהתקבל מאפשר להדגיש בפני המאמן והספורטאים את החשיבות של שמירה על קצב הנעה גבוה (f5) כדי להגביר את מהירותו של כיסא הגלילים ולהקטין את מדד ההתעייפות.

כדי להנהיג שימוש סדיר במבחן האנאירובי באמצעות ארגומטר גלילים בליגות הכדורסל בארץ ובעולם יש עדיין צורך למצוא שיטה לקביעת עומס הבלימה המיטבי, לוודא את דיוק הבדיקה ביחס לאמצעי מדידה חיצוני ולבחון את מהימנות השחזור של הבדיקות. נושאים אלה צריכים להיבדק במחקרים עתידיים.

רשימת המקורות

- קניץ, מ. (1975). מבנה תוכנית אימונים שנתית בכושר גופני. בתוך: א. בר-אור, ג. ויינגרטן, א. זמרי, נ. חנה ומ. קניץ (עורכים). **תורת הכושר הגופני: פרקים נבחרים** (ע"ע 128-140). נתניה: מכון וינגייט.
- הוצלר, י. ואוחנה, ש. (1993). **אבחון כושר גופני של שחקני נבחרת ישראל בכדורסל בכיסא גלגלים, דו"ח מסכם**. נתניה: המכללה לחינוך גופני ע"ש זינמן במכון וינגייט.
- Astrand, P.O. & Roland, K. (1986). *Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill Book Company. (pp. 311-314).
- Bar-or, O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine*, 4 (6) 381-394.
- Bar-Or, O., Inbar, O. & Dotan, R. (1976). **proficiency, speed and endurance test for wheelchair bound**. In: Simri, U. (Ed.). **Learning in physical education & sport: Proceedings of an international seminar**. Netanya: Wingate Institute 310-318.
- Bolotin, R. (1993). **Physiological athropometric and psychological characteristics of the Israeli disabled team to 1992 Barcelona Games**. PhD. Thesis Hungarian University of Sport, Budapest.
- Burke, E.J., Auchinachie J.A., Hayden, R. & Loftin, J.M. (1985). Energy cost of wheelchair basketball. *The Physician and Sportmedicine*, 13(3), 99-105.
- Coutts, K.D. & Stogryn, J.L. (1987). Aerobic and anaerobic power for Canadian wheelchair track athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(1) 62-65.
- Coutts, K.D. & Schutz, R.W. (1988). Analysis of wheeldchair track performances. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 20(2), 188-194.
- Coutts, K.D. & Stogryn, J.L. (1987). Aerobic and anaerobic power of Canadian wheelchair track athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 19(1), 62-65.
- Coutts, K.D. (1988). Heart rates of participants in wheelchair sports. *Paraplegia*, 26(1), 43-49.
- Coutts, K.D. (1992). Dynamics of wheelchair basketball. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(2), 231-234.

- Coutts, K.D. (1994). Frage and sprint performance of wheelchair basketball players. **Journal of Rehabilitation & Development**, 31(2), 138-143.
- Dallmeijer, A.J., Kappe, Y.J., Veeger, D.H., Janssen, T.W., Van-der Woude, L.H. (1994). Anaerobic power output and propulsion technique in spinal cord injured subjects during wheelchair ergometry. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, 31(2), 120-128.
- Davis, G.M. (1993). Exercise capacity in individuals with paraplegia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 25(4), 423-432.
- Grimby, G. (1980). Aerobic capacity, muscle strength and fiber composition in young paraplegics. In H. Natvig (Ed.), **First International Medical Congress on Sports for the Disabled**. Oslo: Royal Ministry for Church and Education.
- Hoffman, M.D. (1986). Cardiorespiratory fitness and training in quadraplegics and paraplegics. **Sports Medicine**, 3(5), 312-330.
- Hollandner, A.P., Plag, U.T., Smits, P., Van-Kekken, B.L. (1993). Exercise testing in arm work. In: L.H.V. Van der Woude, P.J.M. Meijs & Y.A. de Boer, (Ed.). **International Workshop on the ergonomics of manual wheelchair propulsion**, Amsterdam, Commission of the European Communities. Amsterdam: IOS Press, 93-101.
- Hutzler, Y. (1986) **Zur Bewegungshandlung von Rollstuhlfahrern** [The movement action of wheelchair users]. Ph.D. Thesis, The University of Heidelberg.
- Hutzler, Y. (1993a). The relevance of anaerobic power for wheelchair propulsion. In: L.H.V. Van der Woude, P.J.M. Meijs & Y.A. de Boer, (Ed.). **International workshop on the ergonomics of manual wheelchair propulsion**, Amsterdam, Commission of the European Communities. Amsterdam: IOS, 139-148.
- Hutzler, Y. (1993b). Physical performance of elite wheelchair basketball players in armcranking ergometry and in selected wheling tasks. **Paraplegia**, 31, 255-261.
- Hutzler, Y., Grunze, M. & Kaiser, R. (1995). Physical and dynamic responses to maximal velocity wheelchair ergometry. **Adapted Physical Activity Quarterly**, 12, 344-361. Human Kinetics Publishers.
- Inbar, O., Bar-Or, O. & Skinner, A.S. (1996). **The Wingate Anaerobic Test: Development, characteristics and application**. Champaign, Ill: Human Kinetics.

- International Wheelchair Basketball Federation Handbook [IWBF]. (1995). Available from Phil Craven, Chairman, 1 Meadow Close. Shavington Nr. Crew, Cheshire CW2 5BE, England.
- Janssen, T.W., Van-Oers, C., Hollander, A., Veeger, H.E.J. & Van-Der Woude, L.H.V. (1993). Isometric strength, sprint power and aerobic power in individuals with a spinal cord injury. **Medicine and Science in Sports and exercise**, 25(7), 863-870.
- Jokheim, K.A. & Strohkendl, H. (1978). The value of particular sports of the wheelchair disabled in maintaining health of the paraplegic. **Paraplegia**, 11, 173-178.
- Lees, A. & Arthur, S. (1988). An investigation into anaerobic performance of wheelchair athletes. **Ergonomics**, 31(11), 1529-1536.
- Lees, A. (1993). Performance characteristics of two wheelchair sprint tests. In: **International workshop on the ergonomics of manual wheelchair propulsion**, state of the art. 35-44. Amsterdam: IOS Press.
- Margaria, R., Aghemo, P. & Rovelli, E. (1966). Measurement of muscular power (anaerobic) in man. **Journal of Applied Physiology**, 21, 1662-1664.
- Parks, D.R. (1984). Development of wheelchairs in Great Britain. In: R. Scheunemann & F. Unz (Eds.). **Rollstuhlentwicklung: Deutsch-britisches Statuskolloquium 1984** [Wheelchair development: German-British symposium] Bonn: Reha-verag.
- Rhodes, E.C. McKenzie, D.C., Coutts, K.D. & Rogers, A.R. (1981). A field test for the prediction of aerobic capacity in male paraplegics and quadraplegics. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences**, 6(4), 182-186.
- Rotstein, A., Sagiv, M., Ben-Sira, D., Werber, G., Hutzler, Y. & Annenburg H. (1994). Aerobic capacity and anaerobic threshold of wheelchair basketball players. **Paraplegia**, 32, 196-201.
- Sawka, M.N. (1986). Physiology of upper body exercise. **Exercise and Sport Science Reviews**, 14, 175-211.
- Shephard, R.J., Bouhrel, E., Vanderwalle, H. & Monod, H. (1988). Muscle mass as a factor limiting physical work. **Journal of Applied Physiology**, 64(4), 1472-1479.
- Shephard, R.J. (1990). **Fitness in special populations**. Champaign, Ill.: Human Kinetics.

- Skinner, J.S. & Morgan, D.W. (1985). Aspects of anaerobic performance. In: American Academy of Physical Education (Ed.). **Paper No. 18: Limits of Human Performance**. The Editor: Eugene, Oregon.
- Veeger, H.E.J., Lute, E.M.C., Roeleveld, K. & Van der Woude, L.H.V. (1992). Differences in performance between trained and untrained subjects during a 30 sprint test in a wheelchair ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, 64(2), 158-164.
- Veeger, H.E.J., Hagi-Yachmed, M., Van der Woude, L.H.V. & Charpentier, P. (1991). Peak oxygen uptake and maximal power - dependent athletes. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, 23 1201-1209.
- Wilmore, J. & Costill, D.L. (1993). **Training for sport and activity: The physiological basis of the conditioning process** (3rd. Ed.). Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Woude, L.H.V. Van der Janssen, T.W.J., Meijjs, P.J.M., Veeger, H.E.J. & Rozendal, R.H. (1994). Physical stress and strain in active wheelchair propulsion; overview of a research programme. **Journal of Rehabilitation Science**, 7, 18-25.
- Yekutieli, M., Brooks, E.M., Ohry, A., Jaarom, J. & Carmel, R. (1983). The relevance of hypertension ischemic heart disease and diabetes in spinal cord injured patients and amputees. **Paraplegia**, 27, 58-62.
- Zwirn, L.D. & Bar-Or, O. (1975). Responses to exercise of paraplegics who differ in conditioning level. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 7(2), 94-98.