

---

# טניס בכיסא גלגלים: סקירת ספרות

## ישעיהו הוצלר

המכללה האקדמית בוינגייט

### תקציר

משחק הטניס בכיסא גלגלים (ט"ג) מהווה, מזה כארבעים שנה, הזדמנות לאנשים עם לקות, בעיקר בגפיים התחתונות, לפתח יכולת ספורטיבית למטרות חברתיות והישגיות. ספרות המחקר שנסקרה במאמר זה נועדה להציג את המידע העובדתי הקיים בנוגע לתנאי המשחק ולהשפעותיו על המשתתפים. על סמך המידע מ-44 מאמרים מדעיים אופיינו כמה תחומי עיסוק מרכזיים, שעשויים לשפוך אור על תהליכי אימון בענף ספורט זה. בתוך כך יוצגו נתוני ביצוע במשחק, היבטים רפואיים, פיזיולוגיים, ביומכניים ותפקודיים, היבטים של בקרה מוטורית והיבטים פסיכו-חברתיים. כמו כן, במאמר מפורטות השלכות של ממצאי המחקר בתחומים אלה על פרקטיקה אימונית.

---

**תאריכים:** אימון, ביצוע, ספורט, פסיכו-חברתי, בקרה מוטורית, פיזיולוגיה, ביומכניקה

טניס בכיסא גלגלים (ט"ג) הוא ענף ספורט שאינו שונה מטניס למעט העובדה שהשחקנים יושבים בכיסאות גלגלים. השחקנים המשתתפים בט"ג הם כל מי שלקות רפואית צמיתה בגפיהם התחתונות (לפחות בגפה אחת) מפריעה לכושר הניידות במגרש להשתתף באופן שוויוני במשחק טניס, ושיש להם אפשרות לשפר את ביצועיהם על-ידי החלפת הניידות לכיסא גלגלים. לכן, ניתן לראות בט"ג ספורטאים עם לקויות שונות בגפיהם התחתונות כמו פגיעת חוט שדרה בגובה חוליה S1 ומעלה, קטיעות בגפיים התחתונות מעל המפרק בין כף הרגל והאצבעות (metatarsophalangeal joint), או עיוותים בפרקים. מרבית השחקנים משתתפים ב"קטגוריה פתוחה" (Open). בית מיוחד מיועד לשחקנים שיש להם מגבלה בגפיהם העליונות (במיוחד בגפה המפעילה את המחבט) נוסף לגפיים התחתונות. בית זה נקרא "קוואד" (Quad) כדי לבטא את ארבע הגפיים הפגועות של המשתתפים בו. קטגוריה זו נכללה במשחקים הפאראולימפיים החל ממשחקי אתונה 2004 (International Tennis Federation- ITF, 2019). אחד היתרונות של משחק הט"ג, כספורט של נפש ותחרות הוא היותו פעילות ספורטיבית שבמהלכה מתאפשר לאדם עם מוגבלות בפלג גופו התחתון לשחק במרבית מגרשי הטניס מול שחקנים המשחקים אף הם בכיסא גלגלים, או מול שחקנים המשחקים על רגליהם.

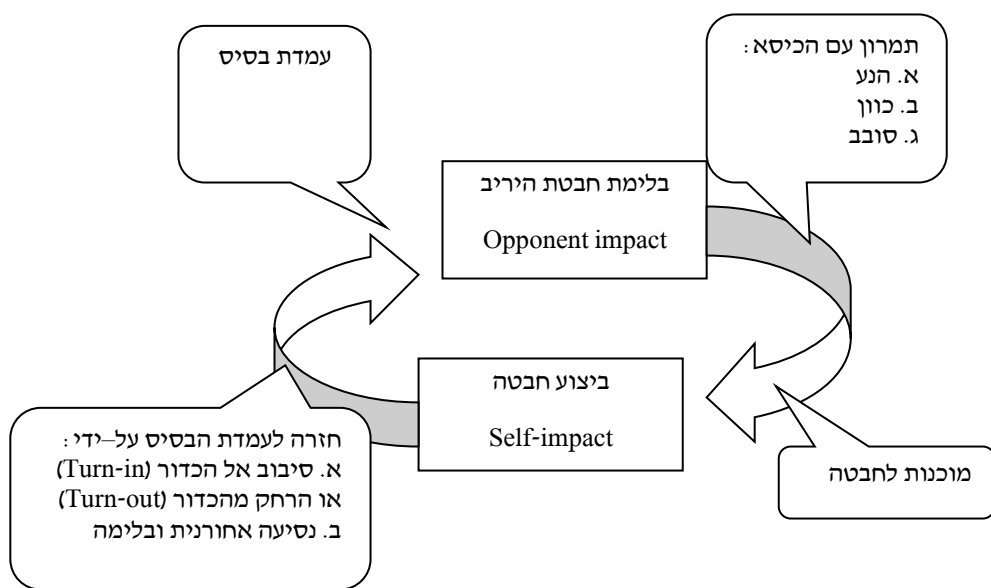
ה-ט"ג מהווה אחד מענפי התחרויות במשחקים הפאראולימפיים והראשון שנוהל כולו על-ידי ההתאחדות הבין-לאומית לטניס ולא התאחדות ייחודית בספורט הנכים. החל ב-1 בינואר 1998 שילבה ההתאחדות הבין-לאומית לטניס באופן מוחלט את משחק הטניס בכיסא גלגלים במסגרת פעילויותיה (ITF, 2019), וגם בארץ מנוהלת כיום הפעילות בענף על-ידי איגוד הטניס הישראלי. הטורנירים מחולקים למשחקי גברים ולמשחקי נשים ואף לדרגות על-פי המגבלה: מגבלה קלה המחייבת שימוש בכיסא גלגלים לצורך ניידות אך ללא מגבלה בזרועות (Open), ומגבלה בכל ארבע הגפיים, ש מקשה על שימוש במחבת נוסף לקושי בניידות (Quad).

ה-ט"ג הופיע לראשונה בשנת 1976, כאשר בראד פארקס, ספורטאי סקי צעיר בן-18, נפצע ונותר משותק בפלג גופו התחתון. במהלך תקופת השיקום פגש את ג'ף מיננבארקר, אף הוא ספורטאי משותק, ויחד החלו לפתח את חוקי המשחק ולהפיצו באמצעות הדגמות והדרכות רבות. בשנת 1980 הוקמה בארצות-הברית לראשונה התאחדות לאומית לט"ג, ופארקס זכה להיות האלוף הראשון בענף זה. בשנת 1986 התקיימה לראשונה אליפות צרפת הפתוחה בט"ג, וב-1987 התקיים לראשונה טורניר במסגרת משחקי סטוק-מנדוויל. למשחקים הפאראולימפיים צורף הענף ב-1992, ושנתיים מאוחר יותר התקיים בפעם הראשונה סבב המאסטרס לשחקני ט"ג (Goosey-Tolfrey, 2010; ITF, 2019). פארקס מציין שפיתוח ה-ט"ג אפשר לו להשתתף במשחק ספורט מהנה עם משפחתו וחבריו, ולימים, להשתתף בתחרויות ספורט הישגיות ברמה הגבוהה ביותר (Parks, 2018). פארקס היה פעיל מאוד, ובתוך כמה שנים פותח סבב טורנירים ברחבי ארצות-הברית. באמצע שנות השמונים כבר הפך הטניס לענף ספורט בין-לאומי המשוחק במדינות רבות באירופה ובעיקר בצרפת, בהולנד ובגרמניה. בתקופה זו החלו לשחק ט"ג גם בישראל, במרכז הספורט לנכים של איל"ן ברמת-גן, ביניהם השחקנים קובי וינר ושאבי בן יורם, שהשתתפו בקורס מדריכי טניס והחלו להדריך שחקנים נוספים. שחקני ט"ג משתתפים כיום בסבבים של טורנירים בין-לאומיים, ובסך-הכול מתקיימים כ-170 טורנירים ברחבי העולם. במאי 2019 התקיימה אליפות העולם לנבחרות בפעם הראשונה בישראל (וואלה ספורט, 30/4/19). בדומה לטניס ללא מוגבלות, השחקנים מדורגים ומסווגים לבתים (Divisions) על-פי הביצועים שהם מדגימים בסבבים אלה.

כמו בכל משחק טניס, גם ט"ג מחייב תנועה מורכבת ומדויקת של הזרוע והיד תוך שליטה בתנועת הגוף במרחב באמצעות כיסא גלגלים שמונע בו-זמנית על-ידי הגפיים העליונות. גם לגבי טכניקת החבטה, יש דמיון רב למשחק טניס רגיל. מובן שעוצמת החבטות ומהירותן תהיה בדרך כלל נמוכה יותר (בכ-30% לעומת טניסאים המשחקים על רגליהם), וזאת בגין הקטנת היכולת לשלב תנע מהגפיים התחתונות והגו במהלך החבטה. חיסרון זה בא לידי ביטוי במיוחד בחבטות הפתיחה ובהנחתות. למרות זאת מצליחים שחקני הט"ג ליצור עוצמה ניכרת בחבטותיהם. הבעיה המרכזית העומדת בפני שחקני הט"ג בעניין זה היא פרק הזמן הקצר יותר העומד לרשותם להכנה ולביצוע החבטה, וזאת בשל המאפיינים של הניידות עם כיסא הגלגלים (Moore & Snow, 1994). ניידות זאת איננה מאפשרת תנועה במישור

החזיתי כמו צעדי הרדיפה בטניס רגיל ומחייבת סיבוב של הכיסא בניצב לחזית, הנעתו וסיבוב נוסף לשם חזרה לחזית לצורך ביצוע החבטה. כל זאת כאשר הידיים מניעות את כיסא הגלגלים, ואחת מהן, המחזיקה בו-בזמן גם את המחבט, צריכה להשתחרר בזמן ובמיקום המתאים כדי להגיב לכדור היריב. כתוצאה מכך, שחקן הטי"ג נמצא באילוצי זמן לעומת טניסאי המשחק על רגליו. כדי להתמודד עם קושי זה נקבעה ההתאמה היחידה המקובלת בענף ספורט זה יחסית לכללים של משחק הטניס במתכונתו הרגילה, והיא החוק של הקפצה כפולה (two bounce rule), המותרת לשחקן בכיסא גלגלים לפני החזרת הכדור למגרש היריב (Moore & Snow, 1994).

נוסף לכך, שחקני הטי"ג פיתחו מודל המכונה "מעגל ניידות" (mobility cycle), הכולל את הרכיבים הבאים: **מוכנות** בעמדה ניטראלית תוך כדי תנועה (לנוכח התאוצה האיטית ממצב מנוחה עדיף להיות בתנועה עם הכיסא), **סיבוב ותמרון** עם הכיסא לכיוון משוער של החבטה, **מוכנות** לחבטה וביצועה ו**חזרה** לכיוון עמדה ניטראלית (ראו איור 1). כל זאת תוך כדי ניהול סיכונים ותנועה מתמידה, לעבר האזור שאליו יש הסתברות גבוהה יוחזר הכדור בהינתן חבטת היריב.



הערה: מאפייני סיבוב אל הכדור Turn-in או הרחק ממנו (Turn-out) תוארו אצל הוצ'ר, 1991

איור 1: מעגל הניידות (מותאם על פי Elderton, 2002)

## שיטה

כבכל ענף ספורט, גם בטי"ג התפתח במהלך השנים עניין מדעי ובוצעו מחקרים שונים במטרה לסייע לספורטאים ולמאמנים לקבל החלטות מושכלות באשר לדרכי האימון והמשחק. מטרתו של מאמר זה היא לסקור את הספרות המדעית שדווחה עד 2018 בתחום דעת זה, ולהציג את ההשלכות של המידע לפרקטיקה המקצועית בענף. בסקירה הסיפורית (Narrative review) של עדויות מדעיות יש כדי לתרום להבנת הקשיים התפקודיים שעמם מתמודדים שחקני ט"ג ופתרונות המאפשרים להם להתמודד עם דרישות המשחק באופן יעיל ומהנה. מטרת הסקירה לא הייתה ביבליומטרית (כלומר, אפיון תחום הדעת מבחינת התפוקה המדעית בחתכים שונים כגון מדינות מוצא או דיסציפלינות מרכזיות), אלא לספק תיאור יישומי באופן שיאפשר להנגיש את הידע המדעי למאמנים ולשחקנים (Ferrari, 2015). במסגרת סקירה זו נערך חיפוש של מאמרים שהתפרסמו בכתבי עת שפיטים באנגלית ונדלו מהרשת על בסיס השימוש במילות החיפוש Wheelchair tennis במאגר המידע Pubmed ביולי 2018. 55 מאמרים נמצאו עונים לקריטריון של מילות החיפוש, 29 מתוכם עסקו בהצגת תובנות של מחקר מדעי ונכללו בסקירה אך רק 22 התמקדו בטי"ג בלבד. 14 מאמרים נוספים אותרו באמצעות עיון ב-Google Scholar, כך שבסך-הכול אותרו 44 מאמרים מדעיים. תחום הדעת העיקרי שבו התפרסמו מאמרים אלה הוא פיזיולוגיה (22 מאמרים), לאחר מכן ביומכניקה והיבטים תפקודיים של משחק הטי"ג (שמונה מאמרים). כמו כן - השפעות פסיכו-חברתיות של ט"ג (שישה מאמרים), לאחר מכן פציעות וסוגיות רפואיות הקשורות לפעילות ט"ג (שישה מאמרים) ולבסוף - בקרה מוטורית (שני מאמרים).

לצורך אפיון הקטגוריות והשייך של מאמרים אליהן, הם נסקרו על-ידי שני מחברים בנפרד. במקרה של אי-הסכמה נועדו המחברים כדי להגיע לקונצנזוס. התובנות מהמחקרים רוכזו למקבץ של סוגיות המתוארות להלן. במסגרת הסקירה שלהלן יוצגו בתחילה ממצאים הקשורים בנתוני ביצוע של ט"ג ובהמשך ממצאים הקשורים להשלכות פיזיולוגיות, ביומכניות, פסיכו-חברתיות, פציעות ספורט ובקרה מוטורית. לבסוף יוצגו המלצות לאימון ספורטאים בטי"ג.

## ממצאים

### נתוני ביצוע במשחק ט"ג

כבכול פעילות ספורטיבית, יש חשיבות רבה להבנת הדרישות התפקודיות במהלך הפעילות ולמדדים המאפשרים את הערכתם. מחקרים שבוצעו באמצעות תצפיות על משחקים הפיקו את המידע שמתועד להלן.

**משך המשחק.** על סמך נתונים שנאספו במהלך טורנירי גראנד סלאם בשנים 2011-2012 (רולאן גרוס, אליפות ארה"ב הפתוחה ואלופות אוסטרליה הפתוחה), התברר שמשך הזמן הכולל במשחק בן שלוש מערכות הוא שעתיים עד שלוש שעות

(Guentzel, 2013). שתי מערכות נמשכות בדרך כלל כ-90 דקות. לא נמצאו הבדלים משמעותיים במשך המשחק בין שחקנים בוגרים וצעירים או בין גברים ונשים. משך הזמן של הפעילות התנועתית במהלך המשחק הוא קצר למדי, בין 10%-ל-30% ממשך הזמן הכולל. לעומת זאת, חוקרים מספרד ערכו מדידות ב-12 משחקי גברים בעלי דירוג בין-לאומי ומצאו משך-זמן ממוצע של מעט יותר מ-60 דקות למשחק, זמן פעילות תנועתית של כ-20% ויחס מאמץ למנוחה של 1:4 (Sánchez-Pay, Torres- (Luque, & Sanz-Rivas, 2015). כלומר, הפעילות היא מחזורית ומשך המנוחה גדול פי ארבעה ממשך המאמץ.

**מספר הנקודות.** בסקירה זו נקודה מוגדרת כפעילות המתבצעת במשחק עד שאחד השחקנים זוכה בנקודה כתוצאה משגיאה של היריב, כגון חוסר מענה, מענה לחוץ או לתוך הרשת. במסגרת 21 משחקי גראנד סלאם של הגברים נמצא ממוצע של 144.9 נקודות למשחק, ואילו במספר דומה של משחקים לנשים, הממוצע עמד על של 108.8 נקודות. הפער הגדול יחסית נובע בעיקר מירידה במספר הנקודות של הנשים על גבי מגרשים קשים (ממוצע של 95.9 נקודות), בעוד שעל גבי מגרשי חימר נותר מספר הנקודות שביצעו הנשים (ממוצע של 134.7 נקודות) קרוב לזה של הגברים (Sánchez-Pay et al., 2015).

**משך-הזמן הממוצע לנקודה.** משך-הזמן הממוצע לנקודה הוא פחות מ-10 שניות, ונע בין ממוצע של 9.7 שניות שנמדד במהלך שלושה משחקים (Bullock & Pluim, 2003) לשבע שניות (Sánchez-Pay, Torres-Luque, Manrique, Sanz-Rivas, & Palao, 2016); שש שניות במהלך 30 משחקים (Maruyama, 2008) ואפילו 4.16 שניות (Filipčič & Filipčič, 2009). הנקודה הארוכה ביותר ששוחקה במהלך 30 משחקים היה 21.1 שניות (Maruyama, 2008).

**מספר החבטות עד לנקודה.** גם מספר החבטות עד לנקודה בקטגוריה הפתוחה הוא נמוך, ונע בין 4.7 חבטות בממוצע (Bullock & Pluim, 2003) ל-3.7 חבטות (Maruyama, 2008) ואפילו 2.3 חבטות (Filipčič & Filipčič, 2009). הנקודה הממושכת ביותר שנמדדה במחקר זה היתה בת 15 חבטות. בקטגוריית הקוואד, בגלל הניידות הנמוכה יש נטייה לסיים נקודות מהר יותר, כלומר, להגיע לחבטה מנצחת - "ווינר", בתוך 2-3 חבטות לכל היותר. במחקר עדכני יותר, של סנשז-פאי ועמיתיו (Sánchez-Pay et al., 2016), טענו החוקרים שמרבית הנקודות בקטגוריה הפתוחה הושגו לאחר שלוש חבטות או פחות.

### היבטים פיזיולוגיים

**העלות האנרגטית.** מחקרים שנערכו במקומות שונים בעולם בדקו את העלות האנרגטית של פעילות בענף הטייג לעומת פעילות גופנית אחרת עם כיסא גלגלים כגון כדורסל, מרוצים, ראגבי וסיוף. למשל, במחקר שהתקיים במרכז הריסון לספורט נכים של אוניברסיטת לפבורו באנגליה (Croft, Dybrus, Kenton, & Goosey-Tolfrey, 2010) בדקו החוקרים את הדרישות הפיזיולוגיות במהלך משחקי טייג וכדורסל בכיסאות גלגלים במגמה לבחון אם יש הבדלים ביניהן, ואם במהלך האימונים של שחקנים בענפי ספורט אלה ניתן מענה הולם לדרישות הללו. שישה

שחקנים בכירים בכל אחד מענפי ספורט אלו שימשו כנבדקים. לשם כך נבדקו במעבדה צריכת חמצן מרבית (צח"מ) ודופק מרבי (ד"מ) של הספורטאים, וכמו כן נאספו נתוני דופק במהלך הפעילות הספורטיבית. נמצא שלמרות העדר הבדלים מובהקים בדופק במאמץ מרבי במבדק המעבדה בין הספורטאים בשני הענפים, נמצא שצח"מ (מחושב בליטרים לדקה) של שחקני הכדורסל בכיסא גלגלים (ממוצע = 2.98, ס"ת = 0.91) היה גבוה ( $p=0.08$ ) מזה של שחקני הט"יג (ממוצע = 2.06, ס"ת = 0.71). כמו כן, נמצא הבדל ניכר בדופק הפעילות (פעילות לדקה) במהלך המשחק ( $p=0.6$ ) של שחקני הכדורסל (ממוצע = 163, ס"ת = 11) לעומת שחקני הטניס (ממוצע = 146, ס"ת = 16), והבדל מובהק ( $p=0.2$ ) בצח"מ של שחקני הכדורסל (ממוצע = 2.26, ס"ת = 0.06) לעומת שחקני הטניס (ממוצע = 1.36, ס"ת = 0.42). לדעת החוקרים, ממצאים אלה הצביעו על כך שכדורסל בכיסא גלגלים מצריך עבודה גופנית בעומס גבוה יותר לעומת העומס הנדרש בט"יג. נתונים אלה שונים מאלה שנאספו כעשרים שנה קודם לכן בקנדה (Coutts, 1988) ושהצביעו על רמת מאמץ ממוצעת נמוכה יותר הן של שחקני הכדורסל בכיסא גלגלים (דופק ממוצע 148, ס"ת 6.4) והן של שחקני הט"יג (דופק ממוצע 128, ס"ת 4.1 פ"ד). ככל הנראה, הדבר מצביע על עלייה בעצימות הפעילות בשני המשחקים עם חלוף השנים.

במחקר שהתקיים במכון לרפואת ספורט של האוניברסיטה ברומא (Bernardi et al., 2010). השוו בין הדרישות הפיזיולוגיות בכמה ענפי ספורט: סקי נורדי במזחלות שלג, מרוצים בכיסא גלגלים, כדורסל, סיוף וט"יג. הספורטאים ביצעו מאמץ מרבי מדורג באמצעות ארגומטר למדידת עבודת ידיים. כמו כן, נבדקה ההוצאה האנרגטית של השחקנים במהלך הפעילות בשטח, כל אחד בענף שלו, באמצעות מערכת טלמטרית. הממצאים בעבודה זו הצביעו על כך שבמהלך ט"יג ההוצאה האנרגטית של הספורטאים היתה בקצב נמוך יחסית לענפי הסקי הנורדי וכדורסל, והובילו לסף אנאירובי נשימתי (ממוצע = 24, ס"ת = 2.3 מיליליטר חמצן לק"יג בדקה) וצח"מ (ממוצע 33.1, ס"ת = 2.85 מיליליטר חמצן לק"יג בדקה) בקרב ספורטאי ט"יג. גם במחקר בספרד (Sánchez-Pay et al., 2016) נבדקו מדדים פיזיולוגיים במהלך הפעילות בט"יג ונמצאו ערכים נמוכים יחסית של דופק ממוצע (124.25, ס"ת = 24.7), חומצת חלב בדם (ממוצע = 1.41, ס"ת = 0.43) מילימול לליטר וערכי תפיסת מאמץ (Ratio (Perceived Exertion - RPE) ממוצעים של 12.45 (ס"ת = 1.91). בכל המחקרים שצוינו לעיל לא התייחסו החוקרים לסוגיה של טווחי התנועה בכיסא גלגלים המקובלים בט"יג, שהם נמוכים בהרבה מאשר בענפים האחרים.

במחקר נוסף שהתקיים בארצות-הברית, בדקו החוקרים אם היו הבדלים בתגובות הפיזיולוגיות למאמץ אצל 11 שחקני ט"יג עם פגיעת חוט שדרה לעומת 11 אנשים ללא פגיעה שהגיעו לרמת מיומנות דומה (Barfield, Malone, & Coleman, 2009). המחקר עשה שימוש במדי דופק שמדדו את הדופק בכל חמש שניות במהלך פעילות ט"יג שכללה אימון ומשחק. החוקרים השוו בשתי הקבוצות את ממוצעי הדופק בפרקי הזמן של האימון והמשחק יחסית לדופק המרבי. הממצעים הצביעו

על כך שהן הספורטאים עם פגיעת חוט שדרה והן אלו ללא המוגבלות הגיעו לממוצעים דומים של 68% ו-69%, בהתאמה, מהדופק המרבי במהלך האימון ולממוצעים של 68% ו-71% מהדופק המרבי במהלך המשחק. ההבדלים בין הקבוצות לא היו מובהקים. כמו כן, נמצא שלא היו הבדלים מובהקים בין הספורטאים עם פגיעות חוט שדרה ואלו ללא המגבלה בשיעור המשתתפים שפעלו במהלך האימון והמשחק בממוצע דופק שהוא מעל 64% מהדופק המרבי. מכאן הסיקו החוקרים שמשחק הטי"ג עשוי לגרום לעצימות אימון מספקת כדי לשפר את תפקודי הלב-ריאה אצל בלתי מאומנים. מחקר נוסף שעסק בתחום זה היה של קבוצת חוקרים מגרמניה (Abel, Platen, Rojas Vega, Schneider, & Strüder, 2008) שבדקה את העלות האנרגטית בקרב 14 ספורטאי ט"ג, 10 ספורטאי כדורסל בכיסא גלגלים ו-12 ספורטאי ראגבי בכיסא גלגלים. בקרב ספורטאי ט"ג נמצאו ערכים של 66.8 קילוקלוריות לשעה במנוחה, שהיו דומים לאלה של הספורטאים בענפים האחרים. לעומת זאת, צריכת האנרגיה במאמץ הגיע אצל ספורטאי ט"ג לממוצע של 325.8 קילוקלוריות לשעה (ס"ת 73). בקרב שחקני הכדורסל בכיסא גלגלים נמדדה עלות אנרגטית גבוהה מעט יותר, אם כי לא באופן מובהק, שהממוצע שלה היה 374.8 קילוקלוריות לשעה (ס"ת 127.1).. לדעת החוקרים, הממצאים הללו הראו שהתוספת בעלות האנרגטית בפעילות הפנאי בענפי ט"ג וכדורסל בכיסא גלגלים היא מספקת לשימור הכושר הגופני ולמניעה של מחלות לב-ריאה.

**צריכת קלוריות.** לעומת המחקרים הרבים שעסקו בעלות האנרגיה של ט"ג נמצא רק מחקר אחד שעסק בצריכת קלוריות במזון של ספורטאים בכיסא גלגלים (שחלקם עסקו בט"ג). המחקר, שנערך במרכז הריסון לרפואת ספורט נכים באנגליה (Goosey-Tolfrey & Crosland, 2010), השווה את הרגלי האכילה של 14 נשים ותשעה גברים הפעילים בספורט הישגי בכיסא גלגלים למדדים המומלצים לספורטאים הישגיים שאינם עם מוגבלות. הממצאים הצביעו על כך שהיו הבדלים משמעותיים בין הצריכה הקלורית היומית של הגברים (ממוצע = 2060, ס"ת = 904 קק"ל ליום) והנשים (ממוצע = 1520, ס"ת = 342 קק"ל ליום). כמו כן, נמצא שכמות החלבונים הנצרכת על-ידי שני המינים היא פחותה מהמומלץ לספורטאים הישגיים. נמצא גם שרק שתי ספורטאיות צרכו ברזל בכמות מספקת, ושרוב הספורטאים לא צרכו סיבים בכמות מספקת. את הממצא אחרון ייחסו החוקרים לצורך של הספורטאים עם פגיעת חוט שדרה לשלוט ביציאות באופן מבוקר לנוכח שיתוק המערכת האוטונומית. יש גם להביא בחשבון שאצל הספורטאים המשותקים יש אטרופיה שרירית באזורים שאינם פעילים, ולכן ייתכן שחישוב צריכת האנרגיה והמלצות התזונה בספורטאים המשתמשים בכיסא גלגלים צריך להיות מבוקר יחסית למסת השריר הפעילה (Broad, 2013).

#### **מבדקי יכולת גופנית**

לנוכח הנתונים שתוארו לעיל ניתן להבין שמשחק ט"ג, כמרבית משחקי הכדור, דורש שילוב של יכולת אירובית ואנאירובית. לפיכך, קיימת חשיבות לפיתוח מבדקי מאמץ מתאימים לצורך הערכה. דה-גרוט ועמיתיה (de Groot, Valent, Fickert, Pluim, )

Houdijk, 2016) ערכו מבחן מאמץ מדורג מתגבר במגרש הטניס בהשתתפות 15 שחקני טייג ומדדו במהלכו צריכת חמצן. המבחן, שנערך על המגרש, כלל סבבים למרחק של 20 מ' עם כיסא הגלגלים במהירות עולה באופן הדרגתי לפי תזמון מוכתב (Shuttle wheelchair test - SWT). הערכת הביצוע במבחן הייתה לפי מספר הסבבים שהספורטאי הצליח לבצע. מטרת המחקר היו (א) לתאר את הקשר בין תוצאות הביצוע לבין צריכת חמצן במהלך המבדק. (ב) לבדוק אם תוצאות הביצוע ב-SWT וצריכת חמצן במהלכו דומות או שונות בין שחקני טייג ברמות הישג שונות. הממצאים הצביעו על מתאם גבוה בין תוצאות הביצוע במבחן SWT לבין דירוג האיכות בטניס (שנקבע על-פי תוצאות במשחקים  $r = -.80$ ). כלומר, ככול שדירוג השחקן היה טוב יותר (למשל: שלישי, שני, ראשון), כך מספר הסבבים שביצע היה רב יותר. כמו כן, נמצא מתאם בינוני בין מספר הסבבים שהושגו ב-SWT לבין צריכת החמצן המרבית במהלך המבדק ( $r = .40-.47$ ) ומתאם נמוך בין דירוג הטניס וצריכת החמצן המרבית במהלך המבדק ( $r = -.35$ ). כמו כן, נמצא הבדל משמעותי בין מספר הסבבים שהושגו ב-SWT על-ידי שחקני טייג המתחרים רק בארצם לעומת שחקנים בין-לאומיים ( $p = .027$ ) ובצריכת חמצן מרבית במהלך המבחן ( $p = .027$ ). המשמעות שניתן לייחס לממצאים היא, בין היתר, שהקשר בין ההצלחה במשחק והיכולת האירובית איננה גבוהה. למרות זאת, לנוכח הצורך לקיים כמה משחקים ביום וימים אחדים ברצף במהלך טורנירים, אין להתעלם לחלוטין מהצורך לפתח יכולת זאת, אך תכונות פיזיולוגיות אחרות כמו מהירות מרבית וסבולת אנאירובית עשויות להיות חשובות יותר. מסקנה זו נתמכת בממצאים שדווחו במסגרת תיאור מקרה שעקב אחר היכולת הפיזיולוגית של שחקנית אחת במהלך כשנתיים לקראת המשחקים הפאראולימפיים בביגינג (2004) במהלך תקופה זו שיפרה השחקנית את דירוגה העולמי ממקום 30 למקום 12, נכנסה למשחקים הפאראולימפיים והתמודדה בהצלחה כנגד שחקניות המדורגות גבוה ממנה (Diaper & Goosey-Tolfrey, 2009). הממצאים הפיזיולוגיים הצביעו על ירידה ביכולת האירובית המרבית [ירידה בצריכת חמצן במהלך מבדק מאמץ מרבי ( $\text{Peak VO}_2$ ) מ-2.06 ל-1.63 ליטר לדקה (לי"ד) וד בבד - עלייה ביכולת האנאירובית המרבית ובכושר העמידות למאמץ אנאירובי, כפי שבא לידי ביטוי בשיפור המהירות המרבית (מ-2.9 ל-3.2 מ"ש) וירידה במדד ההתעייפות האנאירובי מ-17 ל-19 אחוזים במהלך סדרה בת 10 ספרינטים בני 10 שני כל אחד ו-20 שניות הפסקה על גבי ארגומטר גלילים המותאם לכיסא גלגלים.

### היבטים תפקודיים ובינומכניים של תנועת השחקן

**טכניקת ההנעה של כיסא גלגלים.** להנעת כיסא גלגלים קיימות כמה טכניקות (Sawatzky, DiGiovine, Berner, Roesler, & Katte, 2015). התנועה הספורטיבית בכיסא גלגלים שמקובלת ביותר כיום מאופיינת בדחיפת חישוקי הנעה, האפשריים במידות של 24, 26, ו-27 אינץ'. תנועה זו נמשכת כרבע עד שליש ממחזור ההנעה, שבמסגרתו הידיים מורמות גבוה אחורה, עם פשיטת יתר בכתף, מורדות אל החישוק במהירות ומבצעות תנועת דחיפה (על בסיס צג השעון - משעה 11 ועד שעה 3). בסיום תנועת הדחיפה של החישוקים מתנתקות הידיים וממשיכות לנוע, באחת



מתוך כמה תבניות אפשריות, בחזרה לנקודת ההתחלה (ראו איור 2). יחס הזמן בין תנועת הדחיפה לתנועת ההחזר תלוי בספורטאי ובטכניקה, אך בדרך כלל, היחס הוא 1 : 3 (Kwarciak et al., 2009).

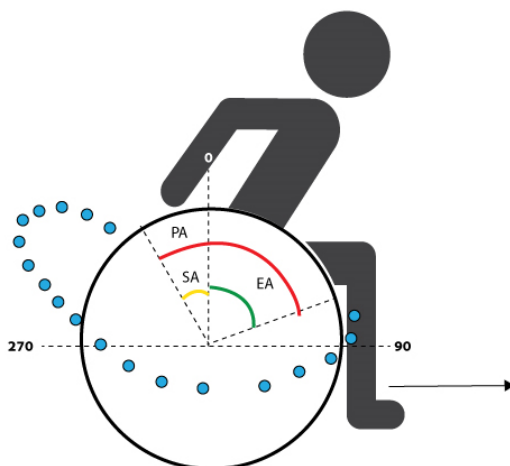


איור 2: טכניקות להנעת כיסא גלגלים. (מותאם על פי Sawatzky, et al., 2015)

### מרחקי תנועה עם כיסא גלגלים ומהירות התנועה בט"ג. לנוכח העובדה

שממדי המגרש הם קבועים, והמרחק הישר הרב ביותר שניתן לעבור במגרש הוא 16 מטרים, יש לשער שמרחק הנסיעה הטיפוסי לחבטה יהיה 3-7 מטרים. לנוכח הנתונים שלעיל ניתן לחשב שעד לנקודה יעבור השחקן בין 15 ל-20 מטרים ובסה"כ מרחק של 1800-3000 מטרים במשחק (Guentzel, 2013). ואכן, נתונים שנאספו לאחרונה באמצעות מד תאוצות ו-GPS הצביעו על נתונים בסדרי הגודל הללו. באמצעות מד התאוצה מסוג Data logger מדדו החוקרים נתונים של 15 שחקנים באליפות אנגליה הפתוחה ומצאו שמרחק התנועה הממוצע עם כיסא גלגלים במהלך המשחק היה 3,952 מטרים (ס"ת = 1,100 מטרים). כמו כן, נמצא שמהירות התנועה הממוצעת עם כיסא הגלגלים הייתה 0.7 מ"ש (ס"ת = 0.2 מ"ש), וממוצע המהירות המרבית של כל שחקן במשחק היה 3.4 מ"ש (ס"ת = 0.4 מ"ש). נתוני ה-GPS סטו מנתונים אלה באופן מובהק כלפי מטה, ככל הנראה בגין תדירות הדגימה הבלתי מספקת (Sindall et al., 2013).

היות שמרחקי הנעת הכיסא לקראת כל אחת מהחבטות הם קטנים בדרך כלל, מרחק זה מושג בתוך שניים עד שלושה מגעי הנעה של החישוקים. במהלך שלושה מגעי הנעה מגיע הספורטאי לכ-60% ממהירותו המרבית (Goosey-Tolfrey & Moss, 2005). על כן, אחת הסוגיות החשובות ביותר לספורטאים היא כיצד להאיץ ולפתח מהירות גבוהה בפרק זמן קצר ביותר. כדי להצליח בכך, על השחקנים להניע את החישוק במהירות מרבית באופן רציף, ממחזור הנעה אחד למשנהו (איור 3), ובדרך כלל מגדילים את התאוצה במחזורים השני והשלישי על-ידי תוספת תנע סיבובי של הגו בקרב אלו שיכולים לעשות זאת, בעזרת שרירי הבטן שלהם (Ando, 2012).



PA תיאור מחזור ההנעה SA - שלב המשיכה, EA - שלב הדחיה, עיגולים קטנים - תנועת החזר, (מותאם על פי Nagata & Francis, 2014)

**איור 3: הנעת כיסא גלגלים עם תוספת תנע מהגו (למטה) וללא תוספת כזו (למעלה)**

ונלנדביק ועמיתיו (Vanlandewijck, Verellen, & Tweedy, 2011) ערכו מחקר שבדק הבדלים במהירות המרבית המושגת במהלך מאוץ למשך 20 שניות בקרב 15 ספורטאים ללא מוגבלות בשלושה מנחי ישיבה שונים. החוקרים מצאו שונות מובהקת בין מצבים שבהם התאפשר שימוש בגו לתוספת תנע סיבובי, לבין מצבים שבהם מנח הישיבה של הכיסא הגביל את השימוש בגו (זווית ירך-שוק של 45 מעלות וזווית ירך-גו הקרובה ל-0 מעלות). מנח ישיבה כזה מקובל בקרב שחקני ט"ג עם פגיעת חוט שדרה באזור החזה כדי לשפר את יציבותם בישיבה. ממוצעי המהירויות המרביות של התנועה בשלושת המצבים ירדו בהתאמה, באופן הדרגתי (4.47, 4.06 ו-3.81 מ"ש). לפיכך, החוקרים הסיקו שבניגוד למקובל בעבר, יש להביא בחשבון את רמת התפקוד של שרירי הגו כקריטריון לסיווג תפקודי בט"ג. הכוונה היא ליכולת ליצור תנע סיבובי בעת הנעה, או לייצב את הגוף בעת חבטה.

הצורך להחזיק את המחבט ביד במהלך האצת כיסא הגלגלים מאט את מהירות התנועה, כפי שנמצא על-ידי דה גרוט ועמיתיה (de Groot, Bos, Koopman, Hoekstra, & Vegter, 2017). במחקר השתתפו שמונה שחקני ט"ג מקצועיים, שביצעו שלושה מבדקי מאמץ בעצימות תת-מרבית וסדרה של שישה ספרינטים על גבי ארגומטר כיסא גלגלים. במסגרת המחקר חושבו ההבדלים בין הביצועים של אותם הספורטאים בהנעת כיסא הגלגלים עם מחבט ובלעדיו. הממצאים הצביעו על כך שבהנעת כיסא גלגלים עם מחבט באותה היד נצפו הבדלים מובהקים. עם מחבט ביד, משך דחיפת החישוק היה נמוך יותר ( $p=0.03$ ); אחוז זמן דחיפת החישוק מתוך משך המחזור ההנעה היה נמוך יותר ( $p=0.001$ ); אובדן כוח היה גדול יותר בתחילת

תנועת הדחיפה ( $p=0.006$ ) ובסופה ( $p=0.001$ ) ; הספק מרבי ( $p=0.009$ ) והספק ממוצע ( $p=0.005$ ) היו גבוהים יותר בזמן הדחיפה, והמהירות הממוצעת של הנעת כיסא הגלגלים הייתה נמוכה יותר ( $p=0.03$ ). ממצאים דומים דווחו גם במחקר קודם, שבחן הבדלים בין מהירויות תנועה ונתונים קינמטיים בביצוע ספרינטים למרחק 20 מטר על-ידי שחקני ט"ג עם מחבט ובלעדיו (Goosey-Tolfrey & Moss, 2005).

כדי לנסות ולהתגבר על הירידה בביצועי התנועה עם כיסא גלגלים תוך כדי אחיזת מחבט בדקו דה גרוט ועמיתיה ( de Groot, Bos, Koopman, Hoekstra, & Vegter, 2018) את ההשפעה על טכניקת התנועה של חישוב יד העשוי מפרופיל מרובע (square-profile hand rim: SPR) במקום מפרופיל עגול. המחקר בוצע על מדגם של שמונה שחקני ט"ג מקצועיים, שביצעו שני מחזורים של שלושה תרגילים בעצימות תת-מרבית ושישה ספרינטים על ארגומטר המדמה הנעת כיסא הגלגלים. כל המבדקים בוצעו פעם אחת עם חישוב יד עגול ופעם אחת עם ה-SPR. התוצאות העידו ש- SPR אינו משפר את מהירות התנועה של כיסא הגלגלים עם מחבט, ולכן הספורטאים ממשיכים להשתמש בחישוב העגול המקובל.

**עוצמת החבטה בט"ג.** כפי שצוין, עוצמת החבטה בט"ג נופלת מזו של החבטות בטניס על הרגליים. במחקר שהתקיים באוסטרליה נבדקו חבטות הפתיחה של שני שחקנים עם נח"ש, המתבטאת בפגיעה קלה בשרירי הגו אך עם שיתוק מלא בגפיים התחתונות (Machar, Elliot, & Alderson, 2007). במחקר ביומכני שנערך בטכניקות של צילום מהיר מצאו החוקרים שמהירויות המחבט המוחלטת קדם-החבטה במכת פתיחה הגיעה אצל שחקני ט"ג לממוצע של 32 מ"ש לעומת 42 מ"ש אצל שחקנים בדרגת יכולת דומה המשחקים על רגליהם. עם זאת, נמצאו מהירויות צידיות וחזיתיות גבוהות שהצביעו על סיכון לפציעות בקרב שחקני ט"ג הדומה לסיכון הקיים בשחקנים ללא מוגבלות.

במחקר נוסף בנושא זה שהתקיים באיטליה בדקו קבדון ועמיתיו (Cavedon, Zancanaro, & Milanese, 2014) את התוקף של מערכת הסיווג (קלסיפיקציה), שנמצאת בשימוש בט"ג, על-ידי בדיקת הקשר בין מהירות הכדור אחרי ההגשה (נמדד על-ידי אקדח רדאר ספורט) לבין חומרת הלקות. זוויות פרק כף היד והכתפיים ברגע ההגשה הוערכו גם בנייתוח תנועה בדו-מימד. במחקר השתתפו 43 שחקני טניס כס"ג איטלקיים, המדורגים ברמה ארצית ברמת הסיווג הכללית (Open). השחקנים סווגו לארבע קטגוריות A-D, לפי רמת המוגבלות בפעולה. קבוצה A הייתה המוגבלת ביותר וקבוצה D המוגבלת הפחותה ביותר. לכל שחקן צולמו 10 הגשות מסובבות מוצלחות ו-10 הגשות חלקות מוצלחות. הממצאים של ניתוח שונות חד-כיווני הצביעו על כך שחומרת הלקות השפיעה באופן מובהק ( $p<0.05$ ) על מהירות הכדור אחרי ההגשה ועל זווית הכתף ברגע הגשת הכדור. נוסף לכך, מהירות הכדור הממוצעת לאחר ההגשה בהגשות החלקות עלתה באופן הדרגתי מקבוצה A לקבוצה D. לנוכח העובדה שבמשחקים התחרותיים ישנן רק שתי דרגות סיווג (לנפגעי גפיים תחתונות ועליונות - Quad, ולנפגעים בגפיים תחתונות בלבד - Open), משמעות

הדבר היא שייתכן שיש מקום לחלוקה נוספת של רמת הסיווג המתייחסת לנפגעים בגפיים תחתונות בלבד.

**התאמת כיסא הגלגלים למשתמש.** כפי שניתן להתרשם מנתוני משחק הטניס שצוינו לעיל, הספורטאי נדרש במשחק זה למספר רב מאוד של מאמצים עצימים ביותר, אך גם קצרים מאוד של שניים עד שלושה מחזורי הנעת הכיסא, וזאת כדי לאפשר את זמן התגובה הנדרש להגיב לחבטות היריב. לכן, התאמת כיסא הגלגלים למשתמש מהווה גורם בעל חשיבות עצומה בט"ג. כיסא הגלגלים הוא מערכת המשלבת מכלול ישיבה עם מכלול הנעה (צירים, גלגלים וחישוקי הנעה), שצריכים להיות מותאמים לכלל המשימות הנדרשות בט"ג והן: (א) סיבוב הכיסא על צירו; (ב) אתחול תנועה תוך הגעה לתאוצה מרבית בשניים-שלושה מחזורי הנעה; (ג) מרחב חופשי ככל האפשר לביצוע החבטה באמצעות המחבט; (ד) יציבות מרבית בעת החבטה.

כיסא הגלגלים לטניס התפתח בהדרגה במהלך השנים. בתחילה נעשה שימוש באותם כיסאות גלגלים ששימשו למשחק כדורסל, שהיה ענף ספורט ותיק ומקובל יותר באמצע שנות השבעים של המאה העשרים. לקראת סוף שנות השמונים ותחילת שנות התשעים החלו להופיע דגמים ייחודיים בעלי מבנה שמשפר את כושר התמרון והסיבוב הצידה של הכיסא. אלה התבססו על שינוי מהפכני של מנח הגלגלים הקדמיים למנח של גלגל אחד קדימה ואחד אחורה. כאשר ראו השחקנים שמבנה זה אמנם תורם לסיבוב המהיר של הכיסא, אך הוא חסר יציבות בעת ביצוע החבטות, שוב השתנתה תפיסת ההתאמה, ומראשית המאה הנוכחית משתמשים בכיסאות גלגלים בעלי שני גלגלים קדמיים וגלגל אחורי אחד, נוסף לגלגלים הגדולים עם חישוקי הנעה. במהלך ראיונות עומק עם שחקני ט"ג בכירים (Mason, Porcellato, van der Woude, & Goosey-Tolfrey, 2010) נמצאו כמה נושאים חשובים לשחקנים אלו בהתאמה של כיסא הגלגלים, ובראשם היציבות שלו. אחד התחומים של התאמת הכיסא שבגינו היו חילוקי דעות בולטים בין השחקנים נסב על היחס למידת ההטיה הצידית של הגלגלים הגדולים ביחס לכיסא (camber). חלק מהספורטאים סברו שלהטיה יש השפעה חיובית. בשנים האחרונות נצפית מגמה של מעבר לגלגלים בעלי קוטר גדול יותר. בעבר היה מקובל לשחק בכיסא בעל גלגלים בקוטר 24 אינץ', לאחר מכן 25 אינץ', וכיום רוב השחקנים משחקים על גלגלים של 26 או 27 אינץ' ואפילו יותר. המחשבה היא שאת התאוצה בתנועת הדחיפה הראשונה – שהיא החשובה ביותר – ניתן לשפר על-ידי אימון ספציפי בחדר כושר או על המגרש, ואילו גלגל גדול יותר מאפשר לעבור מרחק רב יותר בכל דחיפה של חישוקי היד.

### היבטים רפואיים

**פציעות באזור הכתף.** מדיווחי ספורטאים העוסקים בענף עולה שט"ג כרוך בסיכון גבוה לפציעות כתף. פציעות אלה טיפוסיות לנוכח העומסים הגבוהים על הכתף הנוצרים על-ידי חבטות הפתיחה וחבטות השדה וכן על-ידי הבלימות התכופות בכיוון ההפוך לתנע הקווי של הכיסא היוצרות כוחות גזירה במפרקי הכתף. לפיכך, נערך מחקר שבחן את השכיחות של פציעות כאלה באמצעות סקר שכלל הדמיית

אולטרהסאונד של אזור הכתף בקרב 33 ספורטאי עילית בטיג (Jeon et al., 2010). ואכן, הממצאים הצביעו על שכיחות גבוהה של פתולוגיה באזור המפרקי שבין זיז עצם השכמה (acromion) ועצם הבריח (clavicula). זהו אזור רגיש, הבנוי מעצמות קטנות שסביבן מספר רב של שרירים שתפקידם לסובב את הכתף פנימה והחוצה. כל חוסר איזון בין שרירים אלה המכונים שרירי החפת (rotator cuff) עלול לגרום לפתולוגיות שונות שהשכיחה ביניהן היא תסמונת הצביטה (impingement). כזכור, בטיג קיימים עומסים גבוהים מאוד על הכתף לנוכח השילוב של תנועות החבטה והניידות בכיסא הגלגלים, ולעתים קרובות יש צורך לשלב, בו-זמנית, בין התנועות המקדמות את הכיסא הכוללות דחיפת חישוק קדימה ובין התנועות לאתחול החבטה הכוללות סיבוב של הכתף לאחור, ומכאן הדרך לפציעות קצרה. במחקר זה נמצאו 21 שחקנים (63.6%) שהדגימו פציעות בכתף הדומיננטית, ואילו בשמונה כתפיים דומיננטיות ושש כתפיים לא דומיננטיות הודגמו קרעים בעובי מלא של אחד משרירי החפת החשובים (supraspinatus). במחקר נוסף דיווחו חוקרים יפניים (Kimora, Iwata, Kawasaki, Shima, & Okuga, 2011) על שיעור פציעות בהיקף של 55% בקרב שחקני טיג, וציינו ששיעור זה היה גבוה מאשר בקרב השחקנים על רגליהם. עוד ציינו החוקרים כי חבטת הפתיחה הייתה כרוכה בדרך כלל בכאבים, היות שזו תנועה סיבובית פנימה וקדימה. אי לכך, יש חשיבות רבה מאוד לשקול היטב את התכנית של אימון גופני תומך, לרבות אימון כושר גופני, באופן שיאזנו את קבוצות השרירים של הכתף, ובעיקר יחזקו את השרירים המסובבים החוצה של הכתף, שבדרך כלל חזקים פחות מאשר בקרב משתמשים קבועים בכיסא גלגלים לעומת השרירים המסובבים פנימה. זאת לנוכח תנועת סיבוב חישוקי ההנעה של כיסא הגלגלים המאופיינת בסיבוב פנימה של הכתף בחלקה האחרון של התנועה. עוד חשוב להיזהר במינון של תרגילי כושר נפוצים, היוצרים עומסים על הכתף ובייחוד על מפרק זיז השכמה והבריח כגון שקיעות בין מקבילים, או הרחקת הזרועות עם משקוליות יד, במיוחד מעבר ל-90 מעלות. בעקבות ממצאים על חוסר איזון בין כופפים ופושטים מעבר לסביר במפרקי הכתף והזרוע של 12 שחקני טיג המליצו גם מון ועמיתיו (Moon, Park, Kim & Jang, 2013) על אימוני כוח לחיזוק כופפי הכתף וכופפי הזרוע בצד הלא דומיננטי ולחיזוק פושטי הזרוע בשני הצדדים. לממצאים אלה יש חשיבות רבה מאוד, היות שפציעות ספורט כרוניות משפיעות על איכות המשחק ועלולות לגרום לפרישה מוקדמת של ספורטאים הישגיים.

**היפרתרמיה.** סוגיה רפואית אחרת הרלוונטית לשחקני טיג היא הרגישות לתנאי חום וקור של אלו מביניהם שהם נפגעי חוט השדרה (נח"ש). עקב הפגיעה יש הסתברות גבוהה לפגיעה במערכת העצבים האוטונומית האחראית, בין היתר, לוויסות החום בגוף. שני המנגנונים העיקריים לוויסות החום הם ההזעה בזמן יתר חום והיצרות כלי הדם ביתר קור. מנגנונים אלה לא יפעלו כלל או יפעלו באופן מוגבל, מתחת לפלס הפגיעה בחוט השדרה. לכן, ספורטאים אלו עלולים להינזק עקב יתר-או-תת-חום בליבת הגוף. במרכז הריסון לרפואת ספורט נכים באנגליה נערך מחקר שבחן את השפעתם של צווארונים עם קרח המקררים את אזור הצוואר והראש על

צריכת מים, תחושת חום ותחושת מאמץ בשמונה שחקני ט"ג (מהם שבעה נח"ש) (Goosey-Tolfrey, Diaper, Crossland, & Tolfrey, 2008). ואכן, הממצאים הצביעו על מגמות לחיוב של אמצעי הקירור בכל המדדים ושונויות מובהקות בין תנאי המחקר עם צווארוני קירור או בלעדיהם ביחס לצריכת מים במשך שעה של משחק ט"ג בתנאי קירור (ממוצע = 700, ס"ית = 393 מ"ל). זאת, לעומת פעילות ללא צווארונים כאלה (ממוצע = 1198, ס"ית = 675 מ"ל). הממצאים ממחקר זה מצביעים על כך ש כדאי מאוד להשתמש בצווארוני קירור, במיוחד בתנאי חום קיצוניים שעלולים לגרום למצב ששתיית מים לא תספיק לקירור הגוף.

ממצאים אלה נתמכים בחלקם על-ידי מחקר נוסף שערכה אותה קבוצת חוקרים מאותו מרכז באנגליה על קירור הידיים בקרב ספורטאי מרוצים בכיסא גלגלים. מרביתם היו נפגעי חוט שדרה באזור הצווארי, שרוב גופם איננו מווסת חום (Goosey-Tolfrey, Swainson, Boyd, Atkinson, & Tolfrey, 2008). מחקר במסגרת אחרת בדק ארבעה ספורטאי ט"ג וארבעה ספורטאי ראגבי בכיסא גלגלים, שהשתמשו בחזיות קרח לקירור (ice vests) טרם מאמץ מדורג באמצעות ארגומטר ידיים ובמהלכו. הממצאים במחקר האחרון הצביעו על כך שקירור בן 20 דקות טרם המאמץ או במהלכו שיפר את הביצועים במבחן המאמץ, אך לא השפיע באופן מובהק על טמפרטורת הליבה (Webborn, Price, Castle & (Goosey-Tolfrey, 2008).

#### **היבטים של בקרה מוטורית**

בקרת התנועה במשחק ט"ג מאתגרת במיוחד לנוכח הצורך להתמודד עם סוגיית המיקום וסוגיית בחירת החבטה וכיוונה בו-זמנית באמצעות תנועות הידיים, הזרועות והגו (בהתאם למידת הפגיעה בחוט השדרה, אם זהו הגורם לפגיעה הגופנית). כפועל יוצא מכך, הספורטאי בט"ג נמצא באילוף מוגבר של ביצוע מיומן בלחץ של זמן. לכן נעשו כמה מאמצים מחקריים לחשוף סוגיות הקשורות בדרכים להקל על הספורטאי להתמודד עם המשימה. במחקר מוקדם שהסתמך על ראיונות עם 13 שחקני ט"ג בין-לאומיים אפיין הוצלר (Hutzler, 1992) 12 קטגוריות של תבניות תנועתיות שהיו קשורות להתמודדות עם המיקום והדיוק בחבטה. בין היתר דווח על תבניות של הסיבוב פנימה וחוצה עם כיסא הגלגלים (יחסית לרשת) כדי לסייע ביצירת תנע במהלך החבטה ובתוך כך - לחזור ולהתמקם בנקודת המוצא. במחקר נוסף בחנו ריינה ועמיתיו (Reina, Moreno, & Sanz, 2007) את ההתנהגות החזותית של שחקני ט"ג מתחילים ( $n=7$ ) ומנוסים ( $n=5$ ) לקראת חבטת הגשה של היריב. הממצאים במחקר זה הראו שהמתחילים עקבו אחר הכדור, בעוד המנוסים התמקדו ברמזים במחבט ובזרוע השחקן המגיש, ואפשרו בדרך זו תגובה מהירה יותר.

#### **היבטים פסיכו-חברתיים**

אחד התוצרים המדוברים ביותר של פעילות ספורטיבית בקרב אנשים – בעלי מוגבלות וללא מוגבלות, הוא תחושה של העצמה אישית וחברתית (הוצלר, 2004). בתחום הטניס, עובדה זו נתמכה במחקר שמצא קשר מובהק בין תחושת מסוגלות עצמית בטניס, תחושת מסוגלות עצמית בתנועה עם כיסא גלגלים ונחישות

(Greenwood, Dzewaltowski, & French, 1990). ממצאים אלה נתמכים במחקרים איכותניים שבוצעו עם שחקני ט"ג באפריקה. למשל, במחקר בהשתתפותם של שמונה שחקנים ברמה לאומית בדרום-אפריקה, דיווח רוו (Roux, 2012) על תהליכי החברות (Socialization) לספורט של הספורטאים. נמצאו שלוש תמות מרכזיות: (א) הסביבה הבית-ספרית; (ב) הסביבה הספורטיבית; (ג) קשרים חברתיים שהיו קשורים בהתפתחותם. במחקר עדכני יותר בחנו החוקרים את השפעת הספורט על החיים החברתיים של אנשים עם מוגבלות גופנית במדינות מתפתחות (Richardson, Papathomas, Smith, & Goosey-Tolfrey, 2017). 16 שחקני ט"ג משש מדינות מתפתחות נשאלו על חוויותיהם החברתיות. המידע נאסף בעזרת ראיונות חצי מובנים (semi structured), שתומללו והיוו בסיס לניתוח של קטגוריות תוכן (תמות). ממצאי המחקר הצביעו על כך שהספורט שיפר את חייהם החברתיים של המשתתפים. שלושה היבטים ייחודיים עלו מניתוח התוכן: (א) פותחו מיומנויות לחיי היום-יום; (ב) דווחה צמיחה והעצמה אישית; (ג) באו לידי ביטוי היתרונות של פיתוח זהות ספורטיבית של המשתתפים. מסקנת החוקרים הייתה שהמיומנויות שנלמדות "על המגרש" ניתנות להעברה לחיים האמתיים, מגדילות את העצמאות ואיכות החיים ובד בבד מפחיתות את העמדות השליליות של החברה.

#### **תכנון מערך אימונים לשחקני ט"ג**

למרות עושר הממצאים במחקרים שדווחו לעיל לא נמצא אף מחקר שעסק באופן ממוקד בבחינת תכניות אימון לשיפור היכולת של שחקני ט"ג. ניתן להניח כי אימון ט"ג צריך לכלול את האלמנטים הבאים: תמרון, תאוצה ומהירות, מהירות תגובה, עוצמה, כוח, גמישות וסבולת. הפיתוח השיטתי והעקבי של כל המרכיבים הללו על המגרש ומחוצה לו הם המפתח להצלחה בט"ג (Guentzel, 2013<sup>1</sup>). בין אלה יש חשיבות רבה במיוחד לכושר התמרון, וזו גם דעתו של בראד פארקס. כושר תמרון גבוה מספק את הבסיס לתזמון התנועה ולביצוע המיומנויות (Moore & Snow, 1994).

### **סיכום**

מאמר זה מציג ממצאים נבחרים מתוך עשרות מחקרים שעסקו בט"ג ומציע ליישם באופן מעשי במסגרת תכניות האימונים של הספורטאים. להלן כמה תובנות יישומיות ממוקדות מתוך סקירת הספרות, שעשויות לסייע לשחקן ולמאמן:

<sup>1</sup> ניתן לפנות למחבר על מנת לקבל תיעור מפורט של חלק ממגוון התרגילים הנרחב המיועדים למטרה זו ומפורטים בהרחבה אצל גוונטצל (Guentzel, 2013), המשמש כמנהל הכושר הגופני במרכז הטניס הלאומי ביפן. כמו כן, סדרת תרגילים נוספת שפותחה לאחרונה במרכז הספורט לנכים של איל"ן ברמת-גן.

- 
- א. משחק הט"ג מבוסס על פעילות מחזורית עם יחס מנוחה גדול יחסית למאמץ (3: 1). לכן, תאוצה מרבית ומדד התעייפות הם משתנים פיזיולוגיים משמעותיים לשחקן ט"ג, ככל הנראה יותר מאשר צריכת חמצן מרבית.
- ב. אימוני כושר ותנועה צריכים להתמקד ביכולת להאיץ בתוך שתיים-שלוש דחיפות ראשונות של החישוק ובתמרון מהיר של כיסא הגלגלים (זריזות) בטווחים קצרים.
- ג. אימון כוח ספציפי לאיזון בין שרירים פושטים וכופפים בסביבת הכתף והזרוע עשוי לסייע להפחתת ההסתברות לפציעות בכתף.
- ד. קירור הגוף באמצעות צווארוני קרח עשוי להועיל לשחקני ט"ג עם פגיעת חוט שדרה בחוליות החזה באימון ובמשחק.
- ה. בתגובה להגשה כדאי להתמקד בזרוע היריב המגיש ובמחבט.



### רשימת מקורות

- הוצלר, י. (1991). תהליכים קוגניטיביים במשחק הטניס בכיסא גלגלים. *בתנועה*, 1, 74 – 57.
- הוצלר, י. (2004). העצמה פסיכולוגית-חברתית בקרב אנשים עם מוגבלות באמצעות פעילות גופנית. בתוך: ר. לידור (עורך) *התנהגות מוטורית: היבטים פסיכולוגיים סוציולוגיים*. ירושלים: מאגנס.
- וואלה ספורט. נועם גרשוני לקראת אליפות העולם בישראל: "אולי נביא דאבל ביחד עם קובי מרימי". (2019, 30 באפריל). נדלה מ-  
<https://sports.walla.co.il/item/3233435>
- Abel, T., Platen, P., Rojas Vega, S., Schneider, S., & Strüder, H. K. (2008). Energy expenditure in ball games for wheelchair users. *Spinal Cord*, 46, 785-790.
- Ando, K. (2012). Effective accelerating motion for Wheelchair Tennis. *Bulletin of Tokai Gakuen University*, 17, 127-133.
- Barfield, J. P., Malone, L. A., & Coleman, T. A. (2009). Comparison of heart rate response to tennis activity between persons with and without spinal cord injuries: implications for a training threshold. *Research Quarterly in Exercise and Sport*, 80, 71-77.
- Bernardi, M., Guerra, E., Di Giacinto, B., Di Cesare, A., Castellano, V., & Bhamhani, Y. (2010). *Field evaluation of paralympic athletes in selected Sports. Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42, 1200-1208.
- Broad, E. (2013). Sports nutrition for athletes with a disability. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bullock, M., & Plum, B. (2003). Wheelchair tennis and physical conditioning. *ITF Wheelchair Tennis Coaches Review*, 9, 2-10.
- Cavedon, V., Zancanaro, C., & Milanese, C. (2014). Kinematic analysis of the wheelchair tennis serve: Implications for classification. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, e381-388.

- 
- Coutts, K. D. (1988). Heart rate of participants in wheelchair sports. *Paraplegia*, 26, 43-49.
- Croft, L., Dybrus, S., Lenton, J., & Goosey-Tolfrey V. L. (2010). A comparison of the physiological demands of wheelchair basketball and wheelchair tennis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 301-315.
- de Groot, S. D., Valent, L. J., Fickert, R., Pluim, B. M., & Houdijk, H. (2016). An incremental shuttle wheel test for wheelchair tennis players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11, 1111-1114
- de Groot, S., Bos, F., Koopman, J., Hoekstra, A. E., & Vegter, R. J. K. (2017). Effect of holding a racket on propulsion technique of wheelchair tennis players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27, 918-924.
- de Groot, S., Bos, F., Koopman, J., Hoekstra, A. E., & Vegter, R. J. (2018). The effect of a novel square-profile hand rim on propulsion technique of wheelchair tennis players. *Applied Ergonomics*, 71, 38-44.
- Diaper, N. J., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2009). A physiological case study of a paralympic wheelchair tennis player: reflective practise. *Journal of sports science & medicine*, 8(2), 300.
- Elderton, W. (2002). Instructing wheelchair tennis players. Downloaded from <http://www.tpacanada.com/sites/default/files/instructing%20wheelchair%20tennis.pdf>.
- Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews." *Medical Writing*, 24, 230--35.
- Filipčič, T., & Filipčič, A. (2009). Time characteristics in wheelchair tennis played on hard surfaces. *Kinesiology: International Journal of Fundamental and Applied Kinesiology*, 41(1), 67-75.

- Guentzel, H. (2013). Training of the physical factors for wheelchair tennis players. Retrieved from <http://www.itftennis.com/media/141193/141193.pdf>
- Goosey-Tolfrey, V. (2010). *Wheelchair sport: a complete guide for athletes, coaches, and teachers*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Goosey-Tolfrey, V. L., & Crosland, J. (2010). Nutritional practices of competitive British wheelchair games players. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 27, 47-59.
- Goosey-Tolfrey, V. L., & Moss, A. D. (2005). Wheelchair velocity of tennis players during propulsion with and without the use of racquets. *Adapted physical activity quarterly*, 22(3), 291-301.
- Goosey-Tolfrey, V. L., Diaper, N. J., Crosland, J., & Tolfrey, K. (2008). Fluid intake during wheelchair exercise in the heat: effects of localized cooling garments. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 145-156.
- Goosey-Tolfrey, V., Swainson, M., Boyd, C., Atkinson, G., & Tolfrey, K. (2008). The effectiveness of hand cooling at reducing exercise-induced hyperthermia and improving distance-race performance in wheelchair and able-bodied athletes. *Journal of Applied Physiology*, 105, 37-43.
- Greenwood, C. M., Dzewaltowski, D. A., & French, R. (1990). Self-efficacy and psychological well-being of wheelchair tennis participants and wheelchair nontennis participants. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 7, 12-21.
- Hutzler, Y. (1992). Cognitive strategies utilized for multiple action control in wheelchair tennis. *Therapeutic Recreation Journal*, 26(2), 36-45.
- International Tennis Federation: ITF (2019). Wheelchair ITF: History. Retrieved 08 Sept. 2019 from <https://www.itftennis.com/wheelchair/organisation/history.aspx>.
- Jeon I. H., Kochhar, H., Lee, J. M., Kyung, H. S., Min, W. K., Cho, H. S... & Kim, P. T. (2010). Ultrasonographic evaluation of the shoulder

- 
- in elite wheelchair tennis players. *Journal of Sport Rehabilitation*, *19*, 161-172.
- Kimora, D., Iwata, A., Kawasaki, I., Shima, M., & Okuda, K. (2011). A survey of sport injuries in wheelchair tennis players (Japanese; Abstract in English). *Rigakuryoho Kogaku*, *26*, 631-635.
- Kwarciak, A. M., Sisto, S. A., Yarossi, M., Price, R., Komaroff, E., & Boninger, M. L. (2009). Redefining the manual wheelchair stroke cycle: identification and impact of nonpropulsive pushrim contact. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *90*, 20-26.
- Machar, R. Elliott, B., & Alderson, J. (2007). Shoulder joint kinetics of the elite wheelchair tennis serve. *British Journal of Sports Medicine*, *41*, 739-744.
- Maruyama, H. (2008). TTC wheelchair tennis program, Unpublished presentation at a coach's seminar in Argentina; October 2008.
- Mason, B. S., Porcellato, L., van der Woude, L. H., Goosey-Tolfrey, V. L. (2010). A qualitative examination of wheelchair configuration for optimal mobility performance in wheelchair sports: a pilot study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *42*, 141-149.
- Moon, H. B., Park, S. J., Kim, A. C., & Jang, J. H. (2013). Characteristics of upper limb muscular strength in male wheelchair tennis players. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *30*, 9(3): 375-380.
- Moore, B., & Snow, R. (1994). *Wheelchair tennis: Myth to reality*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Nagata, A., & Francis, J. (2014). Propulsion in Wheelchair Basketball. British Wheelchair Basketball. Retrieved 15/9/2019 from: [http://eprints.worc.ac.uk/5480/2/Propulsion%20in%20Wheelchair%20Basketball%20%2528FINAL%2529%20\(1\).pdf](http://eprints.worc.ac.uk/5480/2/Propulsion%20in%20Wheelchair%20Basketball%20%2528FINAL%2529%20(1).pdf)
- Parks, B. (2018). Wheelchair ITF: Brad Parks. Retrieved on 22.07.2018 from <https://www.itftennis.com/wheelchair/ambassadors/brad-parks.aspx>

- Reina, R., Moreno, F. J., & Sanz, D. (2007). Visual behavior and motor responses of novice and experienced wheelchair tennis players relative to the service return. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 24(3), 254-271.
- Richardson, E. V., Papathomas, A., Smith, B., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2017). The psychosocial impact of wheelchair tennis on participants from developing countries. *Disability and Rehabilitation*, 39, 193-200.
- Roux, C. J. (2012). Socialization of elite wheelchair tennis players in South Africa: social psychology of sport and physical activity. *African Journal for Physical Health Education, Recreation and Dance*, 18, 929-938.
- Sanchez-Pay, A., Torres-Luque, G., Manrique, D. C., Sanz-Rivas, D., & Palao, J. M. (2015). Match analysis of women's wheelchair tennis matches for the Paralympic Games. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15, 69-79.
- Sánchez-Pay, A., Torres-Luque, G., & Sanz-Rivas, D. (2016). Match activity and physiological load in wheelchair tennis players: a pilot study. *Spinal Cord*, 54, 229-233.
- Sawatzky, B., DiGiovine, C., Berner, T., Roesler, T., & Katte, L. (2015). The need for updated clinical practice guidelines for preservation of upper extremities in manual wheelchair users: a position paper. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 94, 313-324.
- Sindall, P., Lenton, J. P., Whytock, K., Tolfrey, K., Oyster, M. L., Cooper, R. A., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2013). Criterion validity and accuracy of global positioning satellite and data logging devices for wheelchair tennis court movement. *Journal of Spinal Cord Medicine*, 36, 383-393.
- Vanlandewijck, Y., Verellen, J., & Tweedy, S. (2011). Towards evidence-based classification in wheelchair sports: Impact of seating position on wheelchair acceleration. *Journal of Sports Sciences*, 29, 1089-1096.

Webborn, N., Price, M. J., Castle, P., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2008). Cooling strategies improve intermittent sprint performance in the heat of athletes with tetraplegia. *British Journal of Sports Medicine*, *44*, 455-460.