שיווי משקל סטטי ודינמי במצבי פיצול קשב ומיקוד קשב חיצוני בקרב ילדים לקויי ראייה [1]

מירי שחף, דליה שטרית, אייל רוזנשטריך, רוני לסלו-רוט

תקציר

שיווי משקל הוא היכולת של הגוף לשמור את מרכז הכובד מעל בסיס התמיכה של הגוף (Gallahue & Ozmun, 2006) במצבים סטטיים ודינמיים, ולמערכת הראייה השפעה חשובה על יכולת זו. מחקר זה התמקד באוכלוסייה קלינית של שבע בנות ושל 14 בנים בגילאי 6.8-11.9 שנים (ממוצע 8.71 ± 1.54 שנים), שלהם לקות ראייה מולדת או נרכשת. המשתתפים ביצעו שש מטלות של שיווי משקל – חציין סטטיות וחציין דינמיות – בוריאציות שונות (בעיניים פקוחות; בעיניים עצומות; בפיצול קשב ובמיקוד קשב חיצוני). המטרה הייתה לבדוק את השפעת הראייה על שיווי משקל בקרב לקויי ראייה; את השפעת מיקוד הקשב החיצוני על שיווי משקל סטטי בקרב לקויי ראייה; ואת השפעת פיצול הקשב על שיווי משקל דינמי בקרב לקויי ראייה.

מדידת הביצועים המוטוריים בוצעה באמצעות חיישן תנועה המודד את מנח גופו של הנבדק בשלושה צירים. ממצאי המחקר מצביעים על חוסר תלות של לקויי ראייה במידע חזותי במשימת שיווי משקל סטטית ועל כך שמיקוד קשב חיצוני (שנוצר באמצעות שקית שעועית שהונחה על ראש הנבדק) סייע לנבדקים לבצע פחות שינויי תאוצה בעת עמידה על רגל אחת בהשוואה לביצועם ללא מיקוד חיצוני. בנוסף, במשימת שיווי המשקל הדינמית, שכללה פיצול קשב (הליכת טנדם תוך ספירה לאחור) תדירות שינויי התאוצה הייתה גבוהה יותר בהשוואה לאותה משימה ללא פיצול קשב. ממצאים אלו יכולים לפתוח צוהר ראשוני לעולמם של ילדים לקויי ראייה ולהמשך החקר בקרב אוכלוסייה זו.

מילות מפתח: **לקויי ראייה**, **איזון**, **שיווי משקל**, **פיצול קשב**, **מיקוד קשב**

מבוא

גורמים עצביים וביומכניים עובדים יחדיו בגוף האדם לצורך השגת איזון (Jazi, Purrajabi, Movahedi, & Jalali, 2012). למערכת הראייה, ליכולת הווסטיבולרית ולמערכות הסומטו־סנסוריות יש תפקידים חיוניים להשגת מטרה זו (Woollacott & Shumway-Cook, 1990). כך, לקויי ראייה נמצאים בסיכון מוגבר לנפילות היות שאחת מהמערכות העיקריות המסייעות לשיווי המשקל פגועה אצלם (Cheung, Au, Lam, & Jones, 2008; Ray, Horvat, Croce, Mason, & Wolf, 2008).

מחקרים מצביעים על כך שבקרב ילדים שלהם לקות ראייה נצפה חוסר בשיווי משקל

[1] מאמר זה מבוסס על פרויקט גמר לתואר שני של דליה שטרית בהנחייתה של ד"ר מירי שחף במכללת גבעת וושינגטון. מחקר זה זכה בפרס הראשון ובתגמול כספי במסגרת תחרות מרצה-סטודנט.

(Bouchard & Tetreault, 2000; Portfors-Yeomans & Riach, 2008), וכי סיבוכים ביציבה, איזון לקוי והליכה נוקשה ומהוססת נמצאו בקרב ילדים ומתבגרים עם לקות ראייה (Bouchard & Tetreault, 2000; Sleeuwenhoek, Boter & Vermeer, 1995). יתרה מזאת, חוקרים מדווחים כי בעיות בהליכה, איזון לקוי, תנודות ביציבה ולקות ראייה הם גורמי סיכון משמעותיים ביותר לסכנת נפילה (Lord & Dayhew, 2001; Rubenstein, Josephson, & Robbins, 1994).

לפיכך קיימת חשיבות רבה לבדוק את יכולת שיווי המשקל בקרב אוכלוסייה זו, ובמיוחד בקרב ילדים, היות שרוב הספרות המחקרית העוסקת בהיבט זה מתמקדת בעיקר במניעת נפילות בקרב אוכלוסיית הקשישים (Maeda, Nakamura, Otomo, Higuchi, & Motohashi, 1998; Province et al., 1995; Shumway-Cook, Gruber, Baldwin, & Liao, 1997; Steinman, Nguyen, Pynoos, & Leland, 2011). במחקר זה נוסיף נדבך לידע הדל הקיים על אודות ילדים עם לקות ראייה, ונוכל לשפוך אור על היבטים נוספים, כהשפעת קשב חיצוני ופיצול קשב על שיווי המשקל בקרב אוכלוסייה ייחודית זו.

סקירת ספרות

בסקירת הספרות נתייחס תחילה להסבר על מערכת הראייה, בהמשך יוסבר על אודות חדות הראייה ושדה הראייה, שהינם גורמים המגדירים לקות ראייה. לאחר מכן תיסוב הסקירה סביב שיווי משקל וחלוקתו לסטטי ולדינמי, כמו גם לקשיים הגלומים ביכולת זו בקרב לקויי ראייה. כמו כן יוסבר מהו קשב ומהם מיקוד קשב פנימי, חיצוני ופיצול קשב וכן הקשרם לשיווי משקל. בתום הסקירה יוצגו שאלות המחקר הנוכחי.

ראייה

ראייה מתרחשת כאשר האור החוזר מאובייקט חודר לעין דרך הקרנית, האישון, העדשה, הנוזל התוך עיני ולבסוף אל תאי הקולטנים של הרשתית. כאשר האור נקלט על ידי הקולטנים, מתרחשת תגובה כימית המתורגמת לאנרגיה חשמלית, וזו מועברת דרך עצב הראייה לחלקים שונים במוח (בגרעין הברך הצידי בתלמוס ובקליפת המוח), המעבדים את המידע לתמונה תלת ממדית. סטייה בפעילות הסדירה של כל אחד מהשלבים הללו תגרום ללקות ראייה מסוימת (הס, 2015).

לקות ראייה אינה ניתנת לתיקון בעזרת משקפיים או עדשות מגע[2] והיא באה לידי ביטוי בחדות ראייה ירודה, בצמצום שדה ראייה או בשילוב ביניהם. לקות ראייה היא תולדה של פגמים במערכת הראייה, בעין ובחלקיה או בעצב הראייה, והסיבות העיקריות לה הן ליקויים מולדים, מחלות זיהומיות, היריון לא תקין, תורשה וטראומות במהלך החיים (Hatton, Lvy, & Boyer, 2013). קיימות דרגות שונות של לקות ראייה, החל מקלה ועד חמורה.[3]

[2] משרד החינוך התרבות והספורט (2003). מדריך לשילוב תלמידים עיוורים ולקויי ראייה בפעילות גופנית בבית הספר. ירושלים: משרד החינוך התרבות והספורט.

[3] ענבר, ל' (2005). אביזרי עזר ממוחשבים בשימוש אנשים עיוורים ולקויי ראייה. ירושלים: המוסד לביטוח לאומי. נדלה מ־ https://www.btl.gov.il/SiteCollectionDocuments/btl/Publications/mechkar_86.pdf

חדות ראייה

חדות ראייה היא מונח המבטא את היחס שבין המרחק אשר ממנו האדם מסוגל לזהות עצם כלשהו לבין המרחק אשר ממנו אדם שראייתו תקינה אמור לזהות את העצם הזה. חדות הראייה של אדם מסומנת בשבר בעל מונה קבוע – 6. אם היחס בין המונה למכנה קטן משליש, הדבר מעיד על לקות ראייה (הס, 2015). המונח "ראיית 6/6" הוא מדד של חדות הראייה. חדות ראייה היא יכולתה המרבית של העין לזהות פרטים בעלי ניגודיות גבוהה (לדוגמה אותיות ומספרים שחורים המופיעים על רקע לבן ותאורה טובה).

ככל שהמכנה בשבר גדל, כך חדות הראייה של הנבדק פוחתת. לדוגמה, אדם בעל ראיית 6/12 יוכל לקרוא ממרחק של שלושה מטרים את מה שאדם בעל חדות ראייה 6/6 יקרא ממרחק של שישה מטרים. באותו האופן אדם הרואה 6/6 יזהה ממרחק שישה מטרים אות שגודלה הוא סנטימטר, ואדם בעל חדות 6/12 יוכל לזהות ממרחק שישה מטרים אות שגודלה כפול, כלומר שני סנטימטרים (Mandal, 2019). לקות ראייה מסווגת ברמות שונות: קלה – חדות פחותה מ־6/12; בינונית – חדות פחותה מ־6/18; קשה – חדות פחותה מ־6/60; ועיוורון – חדות פחותה מ־3/60 (Bourne, Flaxman, Braithwaite, Cicinelli, Das, Jonas, et al., 2017; Dandona & Dandona, 2006). ברמת העיוורון יש שלוש קטגוריות: גרוע מ־3/60; גרוע מ־1/60 והיעדר תפיסת אור (Şahlı & İdil, 2019).

שדה ראייה

המונח שדה ראייה מבטא את הזווית אשר נוצרת בין העצם הרחוק ביותר הנראה מצידו הימני של האדם המתבונן לבין העצם הרחוק ביותר הנראה מצידו השמאלי, וזאת בעת שעיניו מתמקדות בנקודה הנמצאת בדיוק מולן, ללא הטיית העיניים או הראש (הס, 2015). שדה ראייה תקין הינו כ־180°, ואילו אצל לקויי ראייה הזווית הזו קטנה מ־140°.[4] לקות בשדה ראייה יכולה לבוא לידי ביטוי "בראיית צינור/מנהרה", בחוסר ראיית הטווח העליון/תחתון או בכתמים שחורים על גבי התמונה. הסיבות לכך יכולות לנבוע ממחלות שונות, כמו גם מניוון רשתית.

שיווי משקל

שיווי משקל הוא היכולת של הגוף לשמור את מרכז הכובד מעל בסיס התמיכה של הגוף הן במצב שמרכז הכובד נייח , כבעמידה או ישיבה – קרי, איזון סטטי, הן כאשר מרכז הכובד נע כבהליכה ובריצה – קרי, איזון דינמי (Gallahue & Ozmun, 2006). שיווי משקל תקין תלוי במידע המתקבל ממערכת הראייה. שיווי משקל מיועד להגן על התזוזות תוך כדי ניידות – הליכה, ריצה או כל תנועה הדורשת תזוזה מבוקרת של כל הגוף באמצעות החזרים אוטומטיים המייצבים את הגוף (רוזין, 2003).

שיווי משקל הוא אחד החושים המשמעותיים ביותר ליציבות הגוף ולביצוע נכון של פעולות מוטוריות, וכדי לשמור על הגוף יציב ללא תזוזה מיותרת וללא נפילה חוברות יחדיו מערכת הראייה והמערכת הקינסתטית של כל שרירי הגוף אל חיישני שיווי המשקל, הממוקמים באוזן

[4] גלייטמן, א' (2014). אנשים עם עיוורון ולקות ראייה. בתוך צ' יקותיאל (עורך), סקירת השירותים החברתיים לשנת 2013 (עמ' 589-608). ירושלים: משרד הרווחה והשירותים החברתיים.

התיכונה (Blythe, 2017). איזון הגוף תלוי בגורמים פנימיים: (א) המערכת הווסטיבולרית (חיישני שיווי המשקל); (ב) המערכת הפרופריוצפטית (חיישני התנועה); (ג) הראייה.
הוא תלוי גם בגורמים חיצוניים: (א) בסיס התמיכה; (ב) מרכז הכובד; (ג) מבנה הגוף; (ד) משקל הגוף (Davlin, 2004; Shannon, Hoffman, 2015) והשילוב ביניהם. כאשר ביכולתנו לבחור את בסיס התמיכה, את גודל בסיס התמיכה ואת מנח הגוף עליו, כמו גם לנוע עליו תוך שמירה על שיווי משקל (Paillard & Noe, 2006). עם זאת יש לזכור כי ככל שהגורמים החיצוניים מקשים יותר על מערכת שיווי המשקל – למשל בסיס תמיכה קטן יותר, שיפוע תלול יותר, בסיס תמיכה מתנועע ומרכז כובד גבוה יותר – כך אתגר השמירה על האיזון גדול יותר (Haddad, Rietdyk, Claxton, & Huber, 2013).
נציין כי מבין הגורמים הפנימיים חיישני שיווי המשקל הם האחרונים להתפתח, ולכן פעוטות וילדים צעירים משתמשים בעיקר בחיישני התנועה והראייה כדי לשמור על שיווי משקל, בעוד חיישני שיווי המשקל מתווספים לאחר מכן (Ferber-Viart, Ionescu, Morlet et.al., 2007). לפיכך, ילדים – יותר מאשר מבוגרים – תלויים במערכת הראייה כדי להגיע לשיווי משקל, ועל כן טוב ומומלץ ללמד את הילד למקד את הראייה לנקודה אחת כדי להתייצב (Sherrill , 2004) עקב תפקידה המשמעותי של מערכת הראייה, ירידה ביכולת הראייה פוגעת ביכולת לשמור על שיווי המשקל (Larsson & Frandin, 2006).

שיווי משקל בקרב לקויי ראייה

אדם בעל לקות ראייה יתאפיין בשיווי משקל לקוי ויתקשה בביצוע מטלות שבהן נדרשת יכולת זו (Brandt & Strupp, 2005). ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם מחקרים נוספים (Bouchard & Tetreault, 2000; Ha¨kkinen, Holopainen, Kautiainen, Sillanpa¨a¨, & Ha¨kkinen, 2006; Wyver & Livesey, 2003) אשר מצאו כי בעלי לקות ראייה מאופיינים בשיווי משקל סטטי ובשיווי משקל דינמי נמוכים בהשוואה לרואים. במחקר שבו נטלו חלק 127 משתתפים (68 בנות ו־59 בנים) בגילאי 6-16, מתוכם 61 בעלי לקות ראייה ו־66 עיוורים, נמצאו קשרים משמעותיים בין גיל הנבדק לרמת האיזון ובין מידת אובדן הראיה לבין רמת האיזון.
נמצא שרמת האיזון של כל העיוורים הייתה נמוכה (20%) או נמוכה מאוד (60%) בהשוואה לבעלי לקות ראייה. יכולת הנבדקים לשמור על שיווי משקל לא הייתה תלויה במגדר, אלא בגיל ובמידת לקות הראייה. נבדקים בעלי לקות ראייה היו בעלי יכולת איזון טובה יותר מהעיוורים, והירידה בחדות הראייה היא שגרמה להפחתה ביכולת האיזון. רמת האיזון הנמוכה יותר נצפתה בקרב עיוורים בגילאי 7-11 (Rutkowska, et al., 2015). כלומר, לקויי ראייה מצליחים להשתמש ביכולות הראייה הירודות הקיימות אצלם ולתעל אותן לטובת שיווי המשקל, וזאת בניגוד לעיוורים, הנעדרים יכולת זו.
ומה באשר לרואים? מחקר שבדק שיווי משקל בקרב רואים, גילה שיכולתם לשמור על שיווי משקל הייתה טובה יותר במצב של עיניים פקוחות בהשוואה לעיניים עצומות (Palm, Strobel, Achatz, Von Luebken, & Friemert, 2009). כך, אצל רואים המידע החזותי הינו מרכיב משמעותי לשמירה על שיווי המשקל.
מחקרם של שווסאי ושותפיו (Schwesig, Goldich, Hahn, Müller, Kohen-Raz,

Kluttig, & Morad, 2011) השווה בין 50 לקויי ראייה (11 עם עיוורון מולד ו־39 עם לקות ראייה נרכשת) ל־50 רואים. הנבדקים התבקשו לעמוד על משטח יציב או על רפידות קצף (המפחיתות את הקלט הסנסומוטורי) ובעיניים פקוחות או עצומות. נבדקים בעלי לקות ראייה נרכשת היו יציבים פחות בהשוואה לקבוצת הרואים כשנבדקו בעיניים פקוחות ובמיוחד על רפידות הקצף, אך ביצועיהם היו שווים לקבוצת הרואים בביצועים בעיניים עצומות. לעומת, ביצועיהם של עיוורים מלידה היו שווים לאלה של קבוצת הרואים בעת ביצועיהם בעיניים פקוחות, אך טובים באופן משמעותי בהשוואה לביצועיהם של הרואים בעת שביצעו את המשימות בעיניים עצומות. העיוורים היו יציבים יותר מלקויי הראייה בכל שלבי הבדיקה. החוקרים מסבירים את עליונותם של העיוורים מלידה בביצועים הודות למערכות הסומטו־סנסוריות והווסטיבולריות, המשמשות כמנגנוני פיצוי. גם סוברי ושותפיו (Sobry, Agnan, Cernaianu, Badin, 2014) מצאו במחקר דומה כי שיווי המשקל הסטטי של 38 לקויי ראייה היה רעוע יותר בהשוואה ל־36 רואים בתנאים שבהם התבקשו הנבדקים לשמור על עיניים פקוחות. לעומת זאת, בעת ביצוע המשימות בעיניים עצומות לא נמצא הבדל בביצועי שתי הקבוצות, הן על משטח יציב הן על משטח מוקצף. כלומר, התלות במידע חזותי פועלת אחרת על שתי הקבוצות.

קשב ומיקוד קשב פנימי וחיצוני

קשב הינו היכולת של האדם להתמקד בגירוי פנימי או חיצוני בעת שהוא חשוף לסביבה שבה קיימים גירויים רבים, והוא מצליח לבצע מעבר יעיל מגירוי אחד לאחר באופן יעיל (Abernethy, 2001). כדי להגיע למצב של קשב על האדם לנפות גירויים מסיחים על מנת להתמקד באלו הרלוונטיים לביצוע (Nideffer, 1993).

מיקוד קשב הוא שלב בתהליך עיבוד המידע. כאשר אדם לומד מיומנויות מוטורית סגורה חדשה,[5] הוא יכול לבחור בין הפניית הקשב לתנועות גופו – קרי, קשב פנימי; או להפנות את הקשב שלו לאובייקט כלשהו בסביבה החיצונית – היינו, קשב חיצוני (שטרומר ולידור, 2007). מחקרים העוסקים במיקוד קשב במהלך ביצוע מיומנויות סגורות מצביעים על כך שמיקוד קשב חיצוני מועיל יותר לביצועים בהשוואה למיקוד קשב פנימי (Singer, Lidor, & Cauraugh, 1993, 1994; Gill & Strom, 1985; Wulf, 2013; Wulf, Höß, & Prinz, 1998), כך שהכוונת המבצעים במיקוד קשב למקור חיצוני, כמתקן או מכשיר, נמצאה יעילה יותר מהכוונה למיקוד קשב פנימי של תנועות הגוף בעת הביצוע (שטרומר ולידור, 2007).

פיצול קשב

חלוקת קשב או פיצול קשב הם היכולת של המוח לשים לב לשני גירויים שונים בו זמנית ולהגיב לדרישות המרובות של הסביבה. זוהי משימה קוגניטיבית נחוצה מאוד, המאפשרת לנו יעילות בחיי היום יום. לדוגמה, בעת שיעור תלמיד מפצל את הקשב שלו הן לדברי המורה והן לקריאת הכתוב על הלוח ולסיכום החומר; בעת עקיפה נהג צריך להתרכז גם בתוואי הדרך, גם בתמרורים, גם בהולכי הרגל וגם במהירות המותרת. חלוקת קשב בעת משימות שיווי משקל, כגון הליכה, עשויה למנוע נפילות.

[5] מיומנות סגורה הינה מיומנות המבוצעת בסביבה קבועה הניתנת לחיזוי (Schmidt & Wrisberg, 2004).

מחקרים אשר עסקו בהליכה תוך משימה כפולה (Dual-task) של פיצול קשב התמקדו בקשישים והראו כי נבדקים אשר תרגלו במהלך 26 שבועות פעילות גופנית אירובית עם משימות של פיצול קשב – כספירה לאחור מ־100 בקפיצות של 2 (היינו – 100, 98, 96 וכן הלאה) מראים כי מדדי ההליכה בקבוצת המשימה הכפולה השתפרו ביחס לממדי הבסיס (כאורך צעד וזמן) בהשוואה לנבדקים אשר תרגלו רק פעילות גופנית אירובית לאורך המחקר (Gregory, et al., 2015). ממצאים דומים בדבר שיפור מהירות ההליכה בקרב קשישים עקב תרגול במשימה כפולה דווחו גם מתוך מחקרם של סילסופדול ושותפיו (Silsupadol, Shumway-Cook, Lugade, van Donkelaar, Chou, Mayr, & Woollacott, 2008).

במחקר נוסף שבו נטלו חלק הן קשישים (גיל ממוצע 71.45 ± 1.25 שנים) הן צעירים (גיל ממוצע 22.23 ± 0.68 שנים) בוצעה משימה קוגניטיבית יחידה (חיסור בקפיצות של 3); משימת הליכה יחידה; ומשימה כפולה – שילוב הליכה + ספירה לאחור בתנאים משתנים – רגיל, ראייה מטושטשת ואובדן ראייה היקפי (התנאים הושגו באמצעות שימוש במשקפיים מיוחדים). הממצאים לא העידו על הבדלים בין צעירים לבין קשישים במשימה הקוגניטיבית היחידה, אך מדדי ההליכה נפגעו הן בקרב קשישים הן במצב של לקות ראייה. נוסף על כך נמצא כי במצב של לקות ראייה חלה ירידה בביצוע הקוגניטיבי. ממצאי מחקר זה מסיקים כי במצב של לקות ראייה קשישים וצעירים מקצים תשומת לב פחותה למשימות קוגניטיביות ונותנים עדיפות להליכה (Krishnan, Cho, Mohamed, 2017).

לאור הרקע התיאורטי שפורט לעיל, שאלות המחקר הנוכחי הינן:

מה תרומת המידע החזותי החלקי על שיווי המשקל בקרב ילדים לקויי ראייה?

האם מיקוד קשב חיצוני יתרום לשיווי המשקל הסטטי של ילדים לקויי ראייה?

האם משימה כפולה (פיצול קשב) תפגע בשיווי המשקל הדינמי בקרב ילדים לקויי ראייה?

שיטה

אוכלוסיית המחקר

המחקר התחיל עם 23 נבדקים לקויי ראייה, Visual Impaired, (9 בנות ו־16 בנים) הלומדים בבתי ספר רגילים בכיתות א'-ו' ומשולבים בכיתות רגילות. הנבדקים היו בגיל 6.8-11.9 שנים (ממוצע 8.71 ± 1.54 שנים), והגיעו פעם בשבוע למרכזי שירות לעיוור (מרש"ל) בשתי ערים גדולות במחוז מרכז דרומי. ארבעה נבדקים (שני בנים ושתי בנות) הושמטו מהמחקר (שניים בגלל BMI גבוה, אחד בגלל לקות מוטורית קשה ואחד משום שלא שיתף פעולה) כך שהמספר הסופי עמד על 21 נבדקים (7 בנות ו־14 בנים). מספר זה עומד בסטנדרט המקובל במחקרים קליניים (ראו Jazi, Purrajabi, Movahedi, Jalali, 2012; Larsson & Frandin, 2006).

אפשר לומר כי כל משתתפי המחקר מוגדרים כלקויי ראייה על פי הגדרות משרד החינוך ומשרד הרווחה, על פי חוק, עקב חדות ראייה של 6/18 ומטה. עם זאת, הייתה שונות ברמות לקות הראייה, הן בחדות הראייה הן בשדה הראייה. ארבעה מתוך המשתתפים היו בעלי תעודת עיוור, קרי, לקות בחדות ראייה של 6/120 או שדה ראייה הקטן מ־200. הסיבות ללקות הראייה של המשתתפים היו גם הן מגוונות – מחלה תורשתית, פגיעה בעצב ראייה, לבקנות או מחלה (גידול במוח). אצל חלקם הלקות הייתה מולדת ואצל חלקם נרכשה במהלך ילדותם.

משימות המחקר

כל הנבדקים התבקשו לבצע שש משימות מוטוריות – חציין סטטיות וחציין דינמיות. המשימות בוצעו בשני בלוקים – סטטי ודינמי, כאשר מחצית מהנבדקים החלו בבלוק הסטטי ומחציתם בבלוק הדינמי, וזאת כדי לבטל למידה אפשרית מבלוק לבלוק.

משימות איזון סטטי

בוצעו בעמידה על רגל אחת על הרצפה, כאשר מדידת הביצוע נעצרה בעת הורדת הרגל לרצפה:

(1) עמידה על רגל דומיננטית בעיניים פקוחות (ראו תמונה 1)=S1;

(2) עמידה על רגל דומיננטית בעיניים פקוחות עם שקית שעועית על הראש=S2;

(3) עמידה על רגל דומיננטית בעיניים עצומות עם כיסוי עיניים=S3.



תמונה 1

עמידה על רגל דומיננטית בעיניים פקוחות

משימות איזון דינמיות

בוצעו לאורכו של קו אדום באורך שלושה מטרים וברוחב חמישה סנטימטרים, אשר סומן באופן בולט על הרצפה. מדידת הביצוע נעצרה כאשר המבצע הגיע לסוף הקו:

(1) הליכת טנדם (עקב בצד אגודל)=D1;

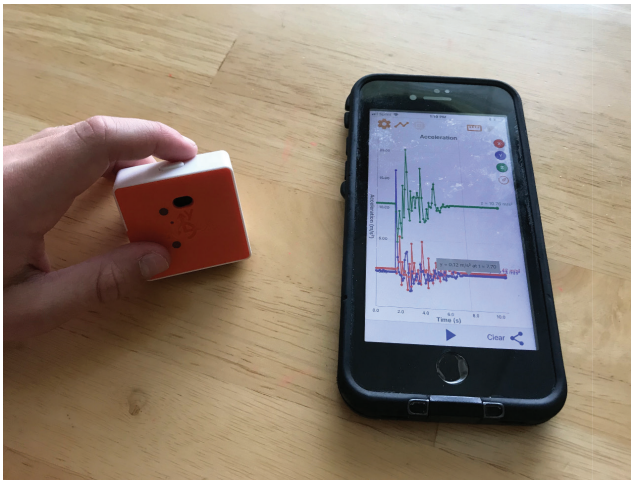
(2) הליכת טנדם עם שקית שעועית על הראש=D2;

(3) פיצול קשב משימה כפולה – הליכת טנדם תוך כדי הפניית קשב סלקטיבי למשימה קוגניטיבית (ספירה לאחור מ־10 ל־1)=D3.

כלי המחקר

מדידת הביצועים המוטוריים בוצעה באמצעות חיישן תנועה (Accelerometer) של חברת The pocket lab , המתוכנן לדגום את מנח הגוף של הנבדק על שלושה צירים: (1) ציר ה־X (תנודות הפלג העליון של הגוף ימינה-שמאלה במישור החזיתי); (2) ציר ה־Z (תנודות קדימה-אחורה במישור החיצי); (3) ציר ה־Y (תנודות למעלה-למטה). במחקר הנוכחי כוון החיישן לדגימה בתדר של 20 הרץ (היינו, 20 תנודות בשנייה).

החיישן מוקם במרכז הגב התחתון, כחמישה סנטימטרים מעל עצם הזנב, באמצעות רצועה מתכווננת. הנתונים שודרו מהחיישן בתקשורת בלוטוס למחשב נייד שאסף את הנתונים ושמר אותם בקובץ אקסל (ראו תמונה 2). המחקר התמקד בשניים מתוך שלושה צירים: ציר ה־X, ציר ה־Z וללא התייחסת לציר ה־Y.



תמונה 2
חיישן התנועה ותצוגת מנח הגוף בשלושה צירים

מהלך המחקר

הנבדקים הוכנסו זה אחר זה לחדר נפרד בנוכחות שני נסיינים. האחד היה בעל היכרות קודמת עם הילד והסביר לו את המשימות תוך ביצוע הדגמה, והשני היה אמון על התוכנה ועל מכשיר המדידה וסימן לילד מתי יש להתחיל את ביצוע המשימה ומתי היא נגמרה.

אתיקה

אישורי הורים חולקו בטרם התחלת הליך המחקר. כמו כן התקבלה הסכמה ממרכז מרש"ל במקומות שבהם נבדקו הילדים. כל נבדק קיבל קוד מספרי לניסוי, כך שהנתונים נשמרו באופן אנונימי. לנבדקים הובהר שההשתתפות הינה רשות ושהם רשאים בכל עת לפרוש מהמחקר.

ניתוח נתונים

לבדיקת שאלות המחקר בוצעו ניתוחי שונות משותפת עם כמה משתנים תלויים (MANCOVA). ובהמשך בוצעו ניתוחי שונות משותפת (ANCOVA) למציאת מקור ההבדלים בכל אחת מהמשימות.

תוצאות

טרם בדיקת שאלות המחקר טופלו הנתונים על מנת לנפות מתוכם ערכים חריגים וטעויות מדידה. ערכים חריגים הוגדרו ככאלה שהיו גבוהים ב־2.5 סטיות תקן ויותר מהממוצע או נמוכים ממנו. פעולה זו בוצעה על נתוני כל אחד מן המשתתפים בכל אחד מן המבדקים המוטורים. לאחר מכן שימשו הנתונים התקפים לחישוב התנודתיות באופן הבא (ראו לוח 1):

תנודתיות על ציר X – במישור הצידי ימין/שמאל , חושבה כסטיית התקן של התאוצה על הציר ביחס למצב מנוחה, כך שככל שסטיית התקן גדולה יותר כך התנודתיות גדולה יותר ומכאן שיווי המשקל נמוך יותר.

תנודתיות על ציר Y – במישור החיצי קדימה/אחורה, חושבה כסטיית התקן של התאוצה על הציר ביחס למצב מנוחה, כך שככל שסטיית התקן גדולה יותר כך התנודתיות גדולה יותר ומכאן שיווי המשקל נמוך יותר.

ממוצע התאוצה הכללי – תאוצה נמדדה ביחידות של מטר חלקי שנייה בריבוע. כאשר ערך של 0 בממוצע התאוצה הכללית מייצג העדר תאוצה, מצב סטטי. ערך חיובי מייצג האצה וערך שלילי מיצג האטה. מדד זה מתייחס לוויסות תנועה.

סטיית התקן (SD) של התאוצה – מדד זה מייצג את מידת שינויי התאוצה, כלומר התדירות שבה משתנה התאוצה. כך שערך גבוה מייצג שינויים רבים וערך נמוך – שינויים מעטים.

זמן ביצוע המשימה – זמן בשניות לביצוע המשימה התנועתית.

		תנודות במישור צידי (ימין-שמאל)	תנודות במישור חיצי (קדימה-אחורה)	תאוצה כללית	תנודתיות התאוצה	זמן ביצוע משימה שניות
סטטי עמידה על רגל אחת בעיניים פקוחות S1	1.07 (0.57)	0.97 (0.59)	-0.05 (0.14)	0.68 (0.56)	15.41 (14.66)	
סטטי שקית על הראש על רגל אחת בעיניים – פקוחות S2	0.72 (0.41)	0.66 (0.33)	0.00 (0.17)	0.48 (0.35)	16.38 (12.31)	
סטטי עמידה על רגל אחת בעיניים עצומות – S3	1.26 (0.70)	1.24 (0.75)	0.09 (0.19)	1.07 (0.80)	13.86 (13.07)	
דינמי טנדם בעיניים פקוחות D1	0.99 (0.33)	1.12 (0.37)	-0.01 (0.09)	0.77 (0.30)	17.60 (6.05)	
דינמי טנדם עם שקית על הראש D2	0.86 (0.31)	1.19 (0.39)	0.02 (0.14)	0.73 (0.35)	15.96 (6.54)	
טנדם תוך ספירה לאחור (פיצול קשב) D3	0.98 (0.37)	1.12 (0.30)	0.03 (0.13)	0.84 (0.37)	14.38 (5.12)	

לוח 1

ממוצעים (וסטיות תקן) של מדדי מחקר

לבדיקת שאלות המחקר בוצע ניתוח שונות משותפת למספר משתנים תלויים MANCOVA בו נבדק אם לפחות אחת מהמניפולציות השפיעה על המשתנה התלוי. תוצאות ה־MANCOVA היו מובהקות, $F(2,30)=4.10,\ p=0.027,\ \eta2=0.22$. כלומר, לפחות אחת המניפולציות השפיעה, ועל כן יש הצדקה סטטיסטית לבצע השוואה פרטנית על כל אחד מהמשתנים.

לאור זאת בוצעה סדרת ניתוחי שונות (ANCOVA) עם מדידות חוזרות שבהן המניפולציה הייתה המשתנה הבלתי תלוי, וכל אחד ממדדי המחקר היה המשתנה התלוי. בכל אחד מן הניתוחים בוצעה בקרה על גיל הילד, על מינו ועל זמן ביצוע המשימה.

שאלת המחקר הראשונה נסובה סביב תרומת המידע החזותי החלקי לשיווי המשקל בקרב ילדים לקויי ראייה. ממצאי המחקר לא הראו הבדלים מובהקים בין שיווי משקל בעמידה על רגל אחת בעיניים פקוחות – S1 לבין עמידה על רגל אחת בעיניים עצומות – S3. כלומר, ילדים לקויי ראייה אינם מסתמכים על מידע חזותי באופן שיסייע להם בשמירה על שיווי משקל בעת עמידה על רגל אחת.

שאלת המחקר השנייה ביקשה לבדוק אם מיקוד קשב חיצוני יתרום לשיווי המשקל הסטטי של הילדים לקויי הראייה. מתוצאות המחקר עולה כי נצפה הבדל מובהק במדד סטיית התקן של התאוצה, $F(1,13)=7.09, p=0.020,\ \eta2=0.35$, בעת שיווי משקל סטטי עם מיקוד קשב חיצוני (עמידה על רגל אחת עם שקית שעועית על הראש – S2; ממוצע 0.48, טעות תקן 0.42) בהשוואה למשימת שיווי משקל סטטי ללא מיקוד חיצוני (עמידה על רגל אחת – S1; ממוצע 0.57, סטיית תקן 0.34). כך שמידת השינויים בתאוצה הייתה קטנה יותר כאשר הילדים עמדו על רגל אחת עם שקית על הראש בהשוואה לעמידה על רגל אחת ללא שקית על הראש. משמעות הדבר היא שהילדים ביצעו פחות שינויים בתאוצה שלהם כאשר נעזרו במיקוד חיצוני.

שאלת המחקר השלישית התמקדה במשימה הכפולה (פיצול קשב) ובתרומתה לשיווי המשקל הדינמי של לקויי הראייה. תוצאות המחקר מלמדות כי היה הבדל מובהק במדד סטיית התקן של התאוצה $F(1,14)=5.98,\ P=0.028,\ \eta2=0.30$ בין משימת פיצול קשב (Dual-task) הליכת טנדם + ספירה לאחור (D3; ממוצע 0.84, סטיית תקן 0.34) לבין משימת שיווי משקל דינמי במשימה בודדת (הליכת טנדם בלבד – D1; ממוצע 0.77, סטיית תקן 0.32). כלומר, הילדים ביצעו פחות שינויים בתאוצה שלהם בהליכת טנדם בלבד בהשוואה למשימת פיצול קשב, שבה נדרשו גם לספור לאחור בנוסף על הליכתם.

דיון ומסקנות

בספרות המחקרית קיימת התייחסות רבה לנושא שיווי המשקל, הן בקרב ילדים (Ajit Singh, et al., 2015; Frick, & Möhring, 2016) והן בקרב קשישים (Steinman, Nguyen, Pynoos, & Leland, 2011), אך מעטים המחקרים המתמקדים בלקויי ראייה, ובמיוחד בקרב ילדים.

שיווי משקל הינה יכולת חשובה ביותר בכל גיל ואמורה לסייע בכל תנועה או תזוזה של המבצע ולמנוע נפילות (רוזין, 2003). מחקרים רבים הוכיחו שלקות ראייה עלולה לגרום לקשיים במיומנויות מוטוריות כמו יציבה ושיווי משקל (Cheung, Au, Lam, & Jones, 2008; Johnson-Kramer, Sherwood, , French, Canabal, 1992; Portfors-Yeomans & Riach, 2008). עוד עולה ממחקרים כי שיווי המשקל של לקויי ראייה נמוך בהשוואה לשיווי

המשקל של אנשים רואים (Ha¨kkinen, et al.,2006; Sobry, Badin, Cernaianu, Agnani, Toussaint, 2014).

ממצאי מחקר זה מעידים על כך שלא נמצאו הבדלים בקרב לקויי ראייה במצב של עמידה על רגל אחת (שיווי משקל סטטי) בעיניים פקוחות תוך הסתמכות על מידע חזותי חלקי לעומת עמידה על רגל אחת בעיניים עצומות. ממצא זה מלמד כי לקויי ראייה אינם מסתמכים על מידע חזותי כדי לעמוד על רגל אחת. זהו ממצא מרתק כיוון שרמת הלקות אצל רובם אפשרה להם לקבל מידע חזותי חלקי (תלוי ברמת הלקות והפגיעה) על אודות הסביבה. למרות זאת הם לא ניצלו מידע זה לטובתם, אלא הסתמכו כנראה על המערכות האחרות, קרי, המערכת הווסיטיבולרית והמערכת הפרופריוצפטית.

בקרב סטודנטים בעלי ראייה תקינה נמצא כי באופן כללי שימוש בכיסוי עיניים (לעומת עיניים פקוחות) פגע מאוד ביכולת שיווי המשקל הסטטי, דבר שהתבטא בתנודתיות רבה במישור החזיתי, קרי תנודות בציר תיכון-צידי (קרוב-רחוק מקו האמצע של הגוף – Medial-lateral) (Rosenstreich, Levi, & Laslo-Roth, 2018). תנודתיות מוגברת זו ממחישה את חשיבותו של חוש הראייה בשמירה על שיווי משקל בקרב בני אדם בעלי ראייה תקינה.

עם זאת, רוזנשטרייך ושותפיו (Rosenstreich et al., 2018) מצאו גם כי סטודנטים בעלי יכולת אפריורית להפניית קשב פנימה (למשל, תשומת לב מוגברת לקצב הלב ולטונוס השרירים) הושפעו פחות מכיסוי העיניים לעומת סטודנטים ללא יכולת כזאת. כלומר, אפשר לפצות במידה מסוימת על היעדרו של חוש הראייה בשמירה על שיווי משקל על ידי הפניית קשב פנימה. ייתכן שהילדים כבדי הראייה במחקר הנוכחי השתמשו במנגנון פיצוי כזה, אך נדרש מחקר נוסף על מנת לאשר השערה זו.

ממצא מעניין נוסף התגלה במשתנה תנודתיות התאוצה, הן בשיווי המשקל הסטטי הן בשיווי המשקל הדינמי. תוצאות המחקר מלמדות כי רמת התנודתיות בתאוצה נתרמה בעקבות מיקוד חיצוני, כך שבעמידה על רגל אחת מידת התנודתיות של הנבדקים הייתה טובה יותר עם שקית שעועית על הראש בהשוואה למצב שבו לא הייתה שקית שעועית. נוסף על כך נמצא כי מידת התנודתיות של הילדים הייתה טובה יותר במשימת הליכת טנדם בלבד בהשוואה למשימה כפולה, שבה נדרשו הילדים לפצל את הקשב שלהם בין הליכת טנדם לבין ספירה לאחור. ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם ממצאים קודמים, לפיהם מיקוד חיצוני מסייע בשיווי משקל (Singer, Lidor, & Cauraugh, 1993, 1994; Wulf, 2013) ומשימת פיצול קשב פוגמת בביצועים בהשוואה למשימה בודדת (Leland, Tavakol, Scholten, Mathis, Maron, & Bakhshi, 2017).

מחקר זה הינו מחקר חלוץ בתחום זה בקרב לקויי ראייה. יש צורך במחקר המשך שירחיב את מספר הנבדקים כדי ללמוד עוד על אוכלוסייה ייחודית זו. כמו כן מומלץ למצוא עמיתים מקבילים (בגיל ובמבנה הגוף) בקרב אוכלוסיית הרואים כדי להשוות את הביצועים בין שתי האוכלוסיות.

מגבלות המחקר

אוכלוסיית המחקר הינה קשה מאוד לדגימה. ילדים לקויי ראייה המשולבים בבתי ספר רגילים ישנם במשורה. קיימים בתי ספר שאין בהם בכלל תלמידים לקויי ראייה, ויש בתי ספר שבהם תלמיד אחד או מעט יותר. לפיכך, היכולת להגיע לריכוז של ילדים לקויי ראייה הייתה מאתגרת

ביותר, וכאשר הגענו לאוכלוסייה ייחודית זו גילינו כי הסיבות ללקות הראייה היו מגוונות (פגות, לבקנים, תורשה ועוד). כמו כן, היו דרגות שונות של לקות ראייה, ובמסגרת מחקר זה לא יכולנו לפקח על משתנים אלו. נוסף על כך, בגלל קשיי הדגימה קשת הגילים הייתה גדולה יחסית.

ביבליוגרפיה

הס, א' (2015). לא חושך לא אור. תל אביב: מכון מופ"ת. נדלה מ־http://www.mofet.macam.ac.il/ktiva/publish/catalog/Documents/hosechor.pdf

רוזין, א' (2003). היבטים פתופיזיולוגיים של הזדקנות האדם. בתוך א' רוזין (עורך), הזדקנות וזקנה בישראל (עמ' 821-833). ירושלים: אשל.

שטרומר, מ' ולידור, ר' (2007). ההשפעה של הנחיות למיקוד קשב על למידה של מטלות מוטוריות סגורות בקרב לומדות בעלות העדפת קשב שונה. בתנועה, ח(3-4), 367-393.

Abernethy, B. (2001). Attention. In R. N. Singer, H. A. Hausenblas, & C. M. Janelle (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (2nd ed., pp. 53-85). New York: Macmillan.

Ajit Singh, D. K., Rajikan, R., Azlin, N., Yee, Y. H., Nor, N., Zainudin, A., & Karim, Z. A. (2015). Balance and motor skills among preschool children aged 3 to 4 years old. *Malaysian Journal of Medicine and Health Sciences*, 11(1), 63-68.

Blythe, S. G. (2017). *Attention*, *balance and coordination*: *The ABC of learning success*. John Wiley & Sons.

Bouchard, D., & Tetreault, S. (2000). The motor development of sighted children and children with moderate low vision aged 8–13. *Journal of Visual Impairment* & *Blindness*, 94, 564-573.

Bourne, R. R. A., Flaxman, S. R., Braithwaite, T., Cicinelli, M. V., Das, A., Jonas, J. B., et al. (2017). Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*, 5(9), e888-897.

Brandt T., Strupp, M. (2005). General vestibular testing. *Clinical Neurophysiology*, 116(2), 406-426.

Cheung, K., Au, K., Lam, W., & Jones, A. (2008). Effects of a structured exercise program on functional balance in visually impaired elderly living in a residential setting. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 26, 45-50.

Dandona, L., & Dandona,. R. (2006). Revision of visual impairment definitions in the International Statistical Classification of Diseases. *BMC Medicine*, 4, 7.

Davlin, C. D. (2004). Dynamic balance in high level athletes. *Percept Mot Skills*, 98(3), 1171-6.
Ferber-Viart, C., Ionescu, E., Morlet, T., Froehlich, P., Dubreuil, C. (2007). Balance in Healthy Individuals Assessed with Equitest: Maturation and Normative Data for Children and Young Adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 71, 1041-1046.
Frick, A., & Möhring, W. (2016). A matter of balance: Motor control is related to children's spatial and proportional reasoning skills. *Frontiers in Psychology*, 6, Article ID 2049.
Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2006). Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults (6th ed.). Boston: McGraw-Hill.
Gill, D. L., & Strom, E. H. (1985). The effect of attentional focus on performance of an endurance task. *International Journal of Sport Psychology*, 16(3), 217-223.
Gregory, M. A., Gill, D. P., Zou, G., Liu-Ambrose, T., Shigematsu, R., Fitzgerald, C, Hachinski, V., Shoemaker, K., Petrella, R. J. (2015). Group-based exercise combined with dual-task training improves gait but not vascular health in active older adults without dementia. *Archives of gerontology and geriatrics*, 63, 18-27.
Ha¨kkinen, A., Holopainen, E., Kautiainen, H., Sillanpa¨a¨, F., & Ha¨kkinen, K. (2006). Neuromuscular function and balance of prepubertal and pubertal blind and sighted boys. *Acta Paediatrica*, 95, 1277-1283.
Haddad J. M., Rietdyk S., Claxton L. J. & Huber J. E. (2013). Task-dependent postural control throughout the lifespan. *Exerc Sport Sci Rev*, 41, 123-132
Hatton,D. D.,Lvy, S. E., & Boyer, C. (2013). Severe visual impairment in Infants and Toddlers in the United States. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 107(5), 325-336.
Jazi, S. D., Purrajabi, F., Movahedi, A., & Jalali, S. (2012). Effect of selected balance exercises on the dynamic balance of children with visual impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(8), 466-474.
Johnson-Kramer, C., Sherwood, D., French R, Canabal, M. Y. (1992). Performance and learning of a dynamic balance task by visually impaired children. *Clinical Kinesiology*, 31, 3-6.
Krishnan, V., Cho, Y. H., Mohamed, O. (2017). *Role of impaired vision during dual- task walking in young and older adults*. *Gait Posture*, 57, 136-140.

Larsson, L., & Frandin, K. (2006). Body awareness and dance-based training for persons with acquired blindness-effects on balance and gait speed. *Visual Impairment Research*, 8(1-2), 25-40.
Leland, A.,Tavakol, K., Scholten, J., Mathis, D., Maron, D., & Bakhshi, S. (2017). The role of dual tasking in the assessment of gait, cognition and community reintegration of veterans with mild traumatic brain injury. *Materia Socio Medica*, 29(4), 251-256.
Lord, S. R., & Dayhew, J. (2001). Visual risk factors for falls in older people. *Journal of the American Geriatric Society*, 49, 508-515.
Maeda, A., Nakamura, K., Otomo, A., Higuchi, S., & Motohashi, Y. (1998). Body support effect on standing balance in the visually impaired elderly. *Archives of Physical Medicine* & *Rehabilitation*, 79, 994-997.
Mandal, A. D. (2019). Diagnosis of visual impairment. News Medical Life Science. Retrieved from: https://www.news-medical.net/health/Diagnosis-of-visual-impairment.aspx
Nideffer, R. M. (1993). Attention control training. In R. N. Singer., M. Murphy, & L. K. Tennant (Eds.), *Handbook of research on sport psychology* (pp. 542-556). New York: Macmillan.
Paillard, T. H., & Noe, F. (2006). Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scandinavian Journal of Medicine* & *Science in Sports*, 16(5), 345-348.
Palm, H. G., Strobel, J., Achatz, G., Von Luebken, F., & Friemert, B. (2009). The role and interaction of visual and auditory afferents in postural stability. *Gait Posture*, 30(3), 328-333.
Portfors-Yeomans, C. V., & Riach, C. L. (2008). Frequency characteristics of postural control of children with and without visual impairment. *Developmental Medicine* & *Child Neurology*, 37, 456-463.
Province, M. A., Hadley, E. C., Hornbrook, M. C., Lipsitz, L. A., Miller, J. P., Mulrow, C. D., et al. (1995). The effects of exercise on falls in elderly patients: A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *Journal of the American Medical Association*, 273, 1341-1347.
Ray, C., Horvat, M., Croce, R., Mason, R. C., & Wolf, S. L. (2008). The impact of vision loss on postural stability and balance strategies in individuals with visual impairments. *Gait* & *Posture*, 28, 58-61.
Rosenstreich, E., Levi, U. & Laslo-Roth, R. (2018). A matter of (inner) balance: The association between facets of mindfulness, attention deficit, and postural stability. *Mindfulness*,9(5), 1627-1636

Rubenstein, L. Z., Josephson, K. R., & Robbins, A. S. (1994). Falls in the nursing home. *Annual International Medicine*, 121, 442- 451.

Rutkowska, I., Bednarczuk, G., Molik, B., Morgulec-Adamowicz, N., Marszałek, J., Kaźmierska-Kowalewska K., & Koc, K. (2015). Balance Functional Assessment in People with Visual Impairment. *Journal of Human Kinetics*, 48, 99-109.

Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2004). *Motor learning and performance*: *A problem based learning approach* (3rd ed.) Champaign: Human Kinetics.

Schwesig, R., Goldich, Y., Hahn, A., Müller, A., Kohen-Raz, R., Kluttig, A., Morad, Y. (2011). Postural control in subjects with visual impairment. *European Journal of Ophthalmology*, 21(3), 303-309.

Şahlı, E., İdil, A. (2019). A common approach to low vision: Examination and rehabilitation of the patient with low vision. *Turkish Journal of Ophthalmology*, 49(2), 89-98.

Shannon, L. G., Hoffman, P. T., DPT Sara MacDowell, P. T., DPT. (2015). How does balance system work? *Academy of neurologic physical therapy*. Retrieved from: http://www.neuropt.org/docs/default-source/vsig-english-pt-fact-sheets/how-does-the-balance-system-work.pdf?sfvrsn=21625743_2

Sherril, C. (2004). Adapted Physical Activity. Recreation and sport: Crossdisciplinary and lifespan.(6th ed) Boston: MA: McGraw-Hill.

Shumway-Cook, A., Gruber, W., Baldwin, M., & Liao, S. (1997). The effect of multidimensional exercises on balance, mobility, and fall risk in community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, 77, 46-57

Silsupadol, P., Shumway-Cook, A., Lugade, V., van Donkelaar, P., Chou, L. S., Mayr, U., & Woollacott, M. H. (2008). Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(3), 381-387.

Singer, R. N., Lidor, R., & Cauraugh, J. H. (1993). To be aware or not aware? What to think about while learning and performing a motor skill. *The Sport Psychologist*, 7(1), 19-30.

Singer, R. N., Lidor, R., & Cauraugh, J. H. (1994). Focus of attention during motor skill performance. *Journal Of Sports Sciences*, 12, 335-340.

Sleeuwenhoek, H. C., Boter, R. D., & Vermeer, A. (1995). Perceptual motor performance and the social development of visually impaired children. *Journal of Visual Impairment* & *Blindness*, 89, 359-67.

Sobry, V., Badin, P., Cernaianu, S., Agnani, O., Toussaint, M. (2014). *Do visually impaired people have a static balance as effective as sighted people*? *NeuroRehabilitation*, 35(4), 851-61.
Steinman, B. A., Nguyen, A. Q. D., Pynoos, J., & Leland, N. E. (2011). Fallsprevention interventions for persons who are blind or visually impaired. *Insight*: *Research and Practice in Visual Impairment and Blindness*, 4(2), 83-91.
Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (1990). Changes in posture control across the life span - A systems approach. *Physical Therapy*, 70, 799-807.
Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6(1),77-104.
Wulf, G., Höß, M., & Prinz, W. (1998). Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention. *Journal of Motor Behavior*, 30(2), 169-179.
Wyver, S. R., & Livesey, D. J. (2003). Kinaesthecic sensitivity and motor skills of school-aged children with a congenital visual impairment. *British Journal of Visual Impairment*, 21, 25-31.