



(ISSN: 2587-0238)

Asan, S. (2023). Investigation of The Relationship Between Lower Extremity Balance Asymmetry and Acceleration, Speed and Agility Performance in Healthy Individuals, *International Journal of Education Technology and Scientific Researches*, 8(23), 1329-1354.

DOI: <http://dx.doi.org/10.35826/ijetsar.606>

Article Type (Makale Türü): Research Article

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LOWER EXTREMITY BALANCE ASYMMETRY AND ACCELERATION, SPEED AND AGILITY PERFORMANCE IN HEALTHY INDIVIDUALS

Selim ASAN

Assistant Professor, Erzurum Technical University, Erzurum, Turkey, selim.asan@erzurum.edu.tr
ORCID: 0000-0001-6264-1071

Received: 08.06.2023

Accepted: 18.08.2023

Published: 01.09.2023

ABSTRACT

In movements performed unilaterally by humans, asymmetry is related to differences in biomotor skills such as strength, flexibility, balance and agility between dominant and non-dominant extremities. This situation negatively affects humans' movement efficiency, leading to lower sports performance and injuries. In line with this information, this research aimed at the relationship between lower extremity balance asymmetry and acceleration, speed and agility performance in healthy individuals. The research included 44 male participants with a mean age of 16.27 ± 0.788 years, a mean body weight of 61.59 ± 5.59 kg, a mean height of 1.75 ± 0.062 cm, and a mean body mass index (BMI) of 20.40 ± 1.57 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$. "Personal Information Form," "Y Dynamic Balance Test (YDBT)," "10 Meter Acceleration Test," "20 Meter Sprint Test," and "505 Agility Test" were used as data collection tools. The research data were analyzed with Pearson Correlation Test and Independent Samples T-Test among descriptive statistics. As a result, no significant correlation was found between lower extremity balance asymmetry and balance scores and acceleration, sprint, and agility performance ($p > .05$). However, there was a moderately significant ($p < .05$) positive correlation between asymmetry index with right composite and inter-limb difference. At the same time, It was found that in most participants ($n: 32$), the difference between the right and left anterior scores was less than 4 centimeters. This suggests that there may be a low risk of injury due to the difference between extremities.

Keywords: Agility, balance asymmetry, injury risk, speed

INTRODUCTION

Balance skills, which are the basis of sportive performance, are at the center of skills that require conditioning and play an active role in the successful display of many biomotor skills, including agility, stopping, starting, acceleration, manipulative movements, and maintaining balance (Erdoğan et al., 2017). Balance is crucial to athletic performance. A well-developed balance skill maintains the body's center of gravity in sudden direction changes and reduces postural oscillations, allowing the technical skill to be applied fluently (Deniz & Kayatekin, 2023). In addition, many researchers have suggested improving balance to enhance performance (Sporis et al., 2010; Little & Williams, 2005).

Bilateral movements demonstrating human symmetry and balance form the basis of many simple and complex human actions. It is essential to have a symmetrical balance between the right and left sides regarding performance. It is known that bilateral asymmetry is common in humans (Tomkinson et al., 2003; Yoshioka et al., 2011). Functional asymmetry is the side-by-side difference in kinematics, dynamics, or both during a performance. Functional asymmetry can arise from many factors, such as anthropometry, neurological, and strength (Rocheford et al., 2006). Therefore, assuming that multiple mechanisms contribute to the asymmetry is reasonable.

It has been suggested that functionally symmetrical people have better movement performance (Newton et al., 2006; Tomkinson et al., 2003; Schiltz et al., 2009) and a lower risk of injury (Newton et al., 2006). It has also been stated that asymmetry detected with appropriate methods can identify injury or re-injury (Paterno et al., 2010; Shambaugh et al., 1991) and, in some cases, may help identify unilateral deficiencies (Rocheford et al., 2006; Schiltz et al., 2009; Paterno et al., 2010). Although functional asymmetry can be expected in individuals with injury or physical disabilities, measurable functional asymmetry is also observed in healthy people (Overmoyer & Reiser, 2013). For example, functional asymmetries in the lower extremities have been documented in the descending strength (Schot et al., 1994) and various jumping tasks (Ball et al., 2010; Newton et al., 2006). While the evidence to support limb asymmetry in healthy individuals is sufficient in the adult population, studies of asymmetry in young people are clearly lacking. The contribution of chronological and biological age has received limited attention in functional performance settings, particularly given the symmetry of human movement (Atkins et al., 2016). In addition, it is known that the necessity of functional symmetry in some sports-related performances (Manning & Pickup 1998) and a possible asymmetry are associated with the athlete's risk of injury (Plisky et al., 2006; Plisky et al., 2009).

Despite convincing evidence to support the possible risk of injury and poor performance that asymmetry can cause, literature focusing on asymmetry in the younger population is lacking. It is crucial to determine the effect of asymmetry between the extremities on sportive performance components such as acceleration, speed, agility, and strength and to determine the risk of injury that a possible asymmetry may cause. However, studies examining the correlation between balance asymmetry and speed, acceleration, and agility are limited. Based on this information, the research aims to investigate the correlation between lower extremity balance

asymmetry and acceleration, speed, and agility performance in healthy individuals. The research hypothesized that increased balance asymmetry in young athletes might affect speed, acceleration and agility performance.

METHOD

Research Model

This study employed the correlational survey model from among the quantitative research methods. The correlational survey model is designed to determine whether or not there is a variation between two or more variables or its degree, if any (Karasar, 2011).

Research Group

The research group consisted of male volunteers aged 15-17. Exclusion criteria were a) having a lower extremity musculoskeletal injury, b) having cardiovascular disease, c) having ongoing pain and disability d) having a lower extremity length difference. According to the G*Power analysis, the sample size was calculated as 38 participants with 95% confidence, 95% difficulty, and a 5% acceptable margin of error. To increase the power of the research and to prevent a possible loss of subjects, 44 participants were included in the research. All participants were briefed on the protocol and experimental risks. Participants under the age of 18 signed an information agreement for participation in the study after parental consent was obtained. Descriptive information about the participants is given in Table 1.

Table 1. Findings on the Supplementary Information of the Participants

Variable	N	\bar{X}	SD	Min/ Max
Age (year)	44	16.27	.788	15.00-17.00
Body weight (kg)	44	61.59	5.59	51.00-80.00
Height (cm)	44	1.75	.062	1.64-1.90
Body mass index (kg.m ⁻²)	44	20.40	1.57	17.56-24.44

\bar{X} : Mean, SD: Standard deviation, BMI: Body mass index, kg: Kilogram, m²: Square meters, Min: Minimum, Max: Maximum, N: Number of Participants

When Table 1 was examined, it was determined that the participants consisted of 44 male participants with a mean age of 16.27±.788, mean body weight of 61.59±5.59 kg, mean height 1.75±.062 cm, and a mean BMI of 20.40±1.57 kg.m⁻².

Research Procedure

The research consisted of 2 sessions, 24 hours apart. First, an anthropometric evaluation determined the participants' height, weight, and body mass indexes. Afterward, the participants were given a 15-minute general warm-up and a 5-minute stretching protocol. After warming up, participants were tested in random order. In the first session of the research, the Y balance test and 10-meter acceleration test were applied to the participants. The bilateral asymmetry rates of the participants were determined with the results obtained from the balance test. In the second session, a 20-meter sprint test and 505 agility tests were applied to the participants to assess their ability to change direction. In addition, the research was carried out at the same times of the day (11.00-13.00) to minimize the participants' effects on the circadian rhythm.

Calculation of Asymmetry Index (AI)

Y balance dominant and non-dominant foot composite scores of the participants were calculated. Then, the asymmetry between the preferred dominant (PDL) and non-dominant (ND) leg in dynamic balance (YBT) was calculated using the following formula (Newton et al., 2006).

$$\text{Asymmetry \%} = \frac{\text{Dominant (PDL)} - \text{Non-dominant (ND)}}{\text{Dominant (PDL)}} \times 100$$

Data Collection Tools

“Personal Information Form,” “Y Dynamic Balance Test (YDBT),” “10 Meter Acceleration Test,” “20 Meter Sprint Test,” and “505 Agility Test” were used as data collection tools in the research.

Personal Information Form

The researcher created it to gather descriptive information such as age, height, weight, and BMI.

Y Dynamic Balance Test (YDBT)

This test is reliable, specific, economical, acceptable for the target screening population, easy to apply, and can detect balance asymmetry (Gribble et al., 2012). The test was used to evaluate the neuromuscular control of the lower extremity and the asymmetry in the dynamic balance performance of the participants on the right and left foot in three different directions (anterior, posteromedial, and posterolateral). The test platform is designed to be 45° between the posterior direction (posteromedial and posterolateral) and 135° in the anterior direction. The participants performed the test by pushing the block in 3 directions with the toe of the other foot while maintaining a stable stance on the test platform with their hands on their waists and one foot on the test platform. After each measurement, both feet were asked to return to the starting position without touching the ground. The leg length of the participants was determined by measuring the most distal part from the anterior superior iliac spine to the medial malleolus. After the test was repeated three times in each direction (anterior, posteromedial, posterolateral), the normalization formula was used (Plisky et al., 2009).

$$\text{Composite Score} = \frac{(\text{anterior} + \text{posterolateral} + \text{posteromedial})}{3 \times \text{Extremity length}} \times 100$$

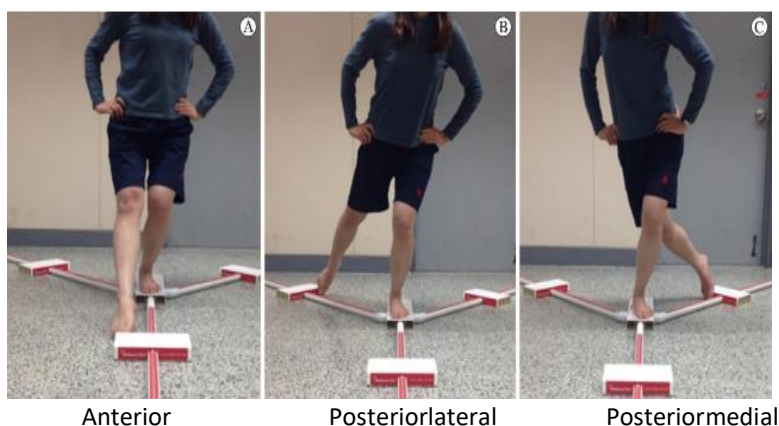


Figure 1. Y Dynamic Balance Test (saglikisleri.gsb.gov.tr).

10 Meter Acceleration Test

This test was used to measure the linear speed ability of the participants. Participants were allowed two trial warm-ups before starting the test. Acceleration values were evaluated with photocells at the start and end points (Bloomfield et al., 2007). Participants performed three maximal effort sprint trials with 2 minutes of rest between trials. The best performance of the three trials was recorded for further analysis (Yeadon, 1999).

20 Meter Sprint Test

The 20-meter running test determined the participant's maximum speed (Moir et al., 2004). Participants were allowed to do two trial warm-ups before starting the test. Participants were asked to start 1 meter behind the starting line and run the entire distance with maximum effort in the shortest possible time. Participants were allowed three trials with a 3-minute rest period between trials (Yancı et al., 2017). The best performance was recorded in seconds.

505 Agility Test

Participants were allowed to practice at a low tempo to learn the test track. Participants were asked to run towards a marked line 15 m from the start line, put their left or right feet on the line, turn 180°, and run 5 m backward from the finish line. If the subject changes direction before the turn line, the attempt is ignored, and the subject completes another trial after the rest period. The best score out of 3 trials was taken into consideration. Between measurements, two minutes of rest were given (Nimphius et al., 2016).

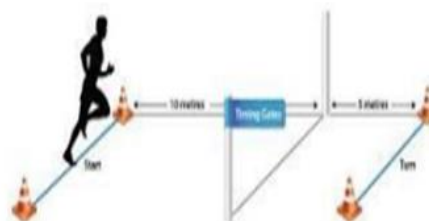


Figure 2. 505 Agility Test

Data Analysis

Kolmogorov Smirnov test was applied for the normality distribution of the data obtained from the study. Skewness and kurtosis values between +1.5 and -1.5 are accepted as normal distributions (Tabachnick & Fidell, 2007). Since the study values showed a normal distribution Skewness (-.159 and 1.057), Kurtosis (-1.260 and 1.119), the Pearson Correlation Test was used for the correlation between the variables, one of the parametric tests in the data analysis, and the Independent Samples T-Test was used for the comparison of the variables. The significance level was accepted as $p < .05$. In the evaluation of the data obtained from the study, frequency (n),

mean \pm standard deviation, min (minimum), and max (maximum) values from descriptive statistical methods were used.

FINDINGS

Table 2. A score of Participants' Performance Tests (Balance, Acceleration, Speed, Agility) and Asymmetry Percentages

		$\bar{X} \pm SD$	Min/Max
AI (cm)		-0.620 \pm 5.58	-9.73/14.68
DBE(cm)		.727 \pm 4.46	-7/10
Dynamic Balance Score (cm)			
Right	Anterior	64.61 \pm 7.06	50.00/83.00
	Posterior-medial	71.40 \pm 9.13	47.00/90.00
	Posterior-lateral	69.50 \pm 9.90	48.00/91.00
	Composite	68.76 \pm 6.01	57.37/82.65
Left	Anterior	63.65 \pm 6.36	51.00/80.00
	Posterior-medial	72.09 \pm 9.04	49.00/92.00
	Posterior-lateral	70.36 \pm 9.44	50.00/92.00
	Composite	68.95 \pm 5.66	55.66/85.71
Performance Tests (sec)			
Acceleration		1.73 \pm .095	1.56/1.95
Speed		3.05 \pm .142	2.76/3.46
Agility		2.81 \pm .237	2.42/3.27

AI: Asymmetry Index, **AI:** Dominant(PDL)-Non-dominant (ND)/ Dominant(PDL)x100, **DBE:** Difference Between Extremities, **DBE:** Difference between the extremities, **cm:** centimeter

When Table 2 is examined, it was determined that the participants' dynamic balance right foot scores ranged from 64.61 to 68.78 and that dynamic balance left foot scores ranged from 63.65 to 68.95. In contrast, asymmetry percentages (-.620 cm), 10-meter acceleration (1.73 sec), 20-meter sprint (3.05 sec) and, agility (2.81 sec), reach distance (.727 cm) were determined as mean values for the participants.

Table 3. Comparative findings between the applied tests (Agility, Speed, Acceleration, Balance) and the Difference between Extremities

	Difference between Extremities (DBE)		t	p
	Limb Difference <4 cm (n=32)	Limb Difference >4 cm (n=12)		
Dynamic Balance Score (cm)	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$		
Composite Right	68.72 \pm 6.12	68.86 \pm 5.97	-.070	.945
Composite Left	69.90 \pm 5.23	66.41 \pm 6.21	1.86	.069
Asymmetry Index	-2.12 \pm 4.21	3.39 \pm 6.92	-2.58	.021*
Performance Tests (sec)				
Acceleration	1.74 \pm .094	1.70 \pm .095	1.23	.225
Speed	3.06 \pm .152	3.03 \pm .116	.748	.459
Agility	2.84 \pm .228	2.76 \pm .261	.947	.349

*p<.05

When Table 3 was examined, a significant difference was found only between the difference between the extremities and the asymmetry index (p= 021). However, no significant difference was found between the other parameters (p>.05).

Table 4. Findings of the Correlation between Percentages of Asymmetry and Performance Tests (Acceleration, Speed, Agility) and Composite Values of the Participants

	AI	Right Com	Left Com	Acceleration	Speed	Agility	DBE
AI	1						
Right Com	.372*	1					
Left Com	-.282	.777**	1				
Acceleration	-.125	-.186	-.125	1			
Speed	-.010	-.102	-.058	.672**	1		
Agility	.025	.063	.036	.394**	.411**	1	
DBE	.444*	.011	-.277	-.186	-.115	-.145	1

AI: Asymmetry Index, DBE: Difference between Extremities, Com: Composite

*p < .05, **p < .01

When Table 4 is examined, a significant correlation could not be detected between the asymmetry index and performance tests acceleration (r: -.125), speed (r: -.010), agility (r: -.025), and left composite (r: -.282). However, a moderately significant (p<.05) positive correlation was found between the right composite (r: .372) and DBE (r: .444) values and the asymmetry index.

CONCLUSION and DISCUSSION

Movement skill includes static or dynamic balance skills. Therefore, it can be said that many of the movements that require motor and coordination skills also include balancing (Keskeş & Manolya, 2020). Balance is the basis for good sportive performance and is defined as a muscle and nervous system transmitter. The ability to balance can be defined as a determining factor in developing other motoric systems (Aksu, 1994). It can be said that an asymmetry between the extremities in postural control may affect motor skills. Determining the risk of injury caused by a possible asymmetry is also essential. In line with this information, the study aims to examine the correlation between lower extremity balance asymmetry and acceleration, speed and agility performance in healthy individuals. The research hypothesized that increased balance asymmetry in young athletes might affect speed, acceleration, and agility performance.

The research found no significant correlation between composite balance scores and acceleration, speed, and agility performances. There are findings in the literature that support the results of the study. In a research conducted on gymnastics athletes, it was found that there was no significant difference between balance scores and sprint, speed, and agility (Baştürk et al., 2019). Erdem et al. (2015) reported in their study on football players that there was no significant correlation between balance and agility. Another study determined that sprint and acceleration performance were unrelated to balance ability (Erkmen et al., 2010). Sibenaller et al. (2017) reported no correlation between healthy high school athletes' static and dynamic balance scores and agility. Contrary to the current study, results in which a significant correlation was determined were also obtained in the literature. Sekulic et al. (2013) reported in their research on athletes from different sports branches that there was a significant correlation between balance and agility in male athletes. Still, there was no significant difference in female athletes. Okudur and Sanioğlu (2012) found a positive correlation between balance scores and agility performances in their study on tennis players. Miller et al. (2006) reported that improving balance and body position control will positively affect agility performance during complex movements. It is thought that the finding that contradicts the study's results may be because the study was conducted with a healthy individual,

not an athlete group. The contradictory findings in the literature may be due to the sample groups composed of athletes from different branches, age differences, and differences in measurement methods. Based on the available literature, the correlation between balance skill and speed, acceleration, and agility performance has not been fully clarified.

The study found no significant correlation between balance asymmetry and acceleration, speed, and agility performances. The results of the study did not support our hypothesis. No study examining the correlation between balance asymmetry and performance has been found in the literature. In the existing studies conducted with jump asymmetry and performance tests in the literature, when the correlation between vertical jump asymmetry and linear and directional running performances was examined, it was reported that there was no significant difference in the studies (Öztürk, 2023; Chiang, 2014; Dos Santos et al., 2017; Dos Santos et al., 2018; Exell et al., 2017; Haugen et al., 2018). However, some studies in the literature have different findings (Sannicandro et al., 2011). Bishop et al. (2021) reported that a 5% jump asymmetry between the legs might adversely affect the jumping performance among football players. A different study reported a positive correlation between power asymmetry and performance (Newton et al., 2006). Another study found that jump height asymmetries were associated with slower agility performance but not with jump performance (Maloney et al., 2017). There are contradictory findings in the literature. Differences in sample groups and tests may explain this discrepancy.

In some of the studies on asymmetry, studies show that individuals with a symmetrical body are taller and more athletic (Manning & Pickup, 1998, Özener, 2010; Özener & Ertuğrul, 2011), while symmetrical athletes have higher athletic performance and sportive success (Longman et al., 2011; Trivers et al., 2013). Although no significant correlation was found between balance asymmetry and performance tests in the study, it can be said that different asymmetries may affect performance in line with the results available in the literature. Studies in the literature have generally focused on strength and jump asymmetries. It is seen that literature should be created by conducting different studies on balance asymmetry.

In the study, no significant correlation was found between the difference between right and left foot anterior scores and balance and performance test scores. These results show that in most participants (n:32), the difference between the right and left foot anterior reach distance between the two extremities is less than 4 cm, and the risk of injury may be low. It is available in the literature that lower extremity asymmetry is not only related to performance but also provides information about possible injuries. Especially in studies using the Y balance test method used in the study, Plisky et al. (2006) reported that the probability of exposure to lower extremity injuries is 2.5 times higher in players whose difference between the anterior reach distance of the right and left foot is greater than 4 cm. It has also been reported that women with a combined reach of less than 94.0% of their extremity lengths are 6.5 times more likely to suffer lower extremity injuries (Plisky et al., 2006). These results suggest that cross-extremity comparisons can be a useful and rapid screening tool for detecting lower extremity injury risk.

As a result, no significant correlation was found between balance asymmetry and balance scores and acceleration, speed, and agility scores. However, a moderately significant positive correlation ($p < .05$) was found between the asymmetry index, the difference between the extremities, and the right composite. At the same time, according to the existing studies' results, the asymmetry between the extremities may affect performance. In the study, it was determined that the difference between right and left foot anterior scores was less than 4 cm in most of the participants ($n: 32$). In this case, it is to point out that the risk of possible injury due to the difference between the limbs may be low. The study's strength is that although there are different studies on asymmetry in the literature, studies that compare balance asymmetry and performance tests have yet to be found. As a limitation of the study, the fact that it was conducted with healthy male individuals prevented the results from being generalized for women and the athlete population.

SUGGESTIONS

In line with the findings of the study, It is recommended that the risk of injury caused by balance asymmetry between extremities should be evaluated before the season, unilateral and bilateral exercises should be combined in training to minimize the differences between extremities, and protocols covering all biomotor skills should be applied in training.

ETHICAL TEXT

"This article followed the journal writing rules, publication principles, research and publication ethics, and journal ethical rules. The responsibility belongs to the author for any violations that may arise regarding the article." The study was carried out after obtaining the necessary official permissions for compliance with publication ethics, with the decision numbered 03 taken at the meeting numbered 06 of Erzurum Technical University Scientific Research and Publication Ethics Committee held on 25.05.2023.

Author Contributions

The author's contribution rate is 100%

Conflict of Interest

The author has no conflicts of interest to declare regarding the present study.

Acknowledgment

I would like to thank the participants in this study and the physical education teachers who helped with the measurements.

REFERENCES

- Aksu, S. (1994). *Denge eğitiminin etkilerinin postürel stres testi ile değerlendirilmesi* [Bilim Uzmanlığı Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Atkins, S. J., Bentley, I., Hurst, H. T., Sinclair, J. K. & Hesketh, C. (2016). The presence of bilateral imbalance of the lower limbs in elite youth soccer players of different ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 1007-1013. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182987044.
- Ball, N.B, Stock CG. & Scurr J.C. (2010). Bilateral contact ground reaction forces and contact times during plyometric drop jumping. *J Strength Cond Res* 24: 2762–2769.
- Baştürk, D., Çatalkaya, Z., Seyhan M.E., Açıkalın, Y., Hondoroğlu, K. & Karataş K. (2019) Cimnastikte sürat çeviklik ve denge ilişkisi. *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 133-140.
- Bishop, C., Brashill, C., Abbott, W., Read, P., Lake, J., & Turner, A. (2021). Jumping asymmetries are associated with speed, change of direction speed, and jump performance in elite academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(7), 1841-1847. OI: 10.1519/JSC.0000000000003058
- Bloomfield, J., Polman, R., O'donoghue, P. & McNaughton, L. (2007). Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1093-1100.
- Chiang, C. Y. (2014). *Lower body strength and power characteristics influencing change of direction and straight-line sprinting performance in Division I Soccer Players*. East Tennessee State University.
- Deniz, R. & Kayatekin, B. M. (2023). U13 Kadın futbolcularda fonksiyonel denge antrenmanlarının denge ve çeviklik performansına etkisi: Tanımlayıcı Araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 15(1).
- Dos' Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A. & Comfort, P. (2018). Asymmetries in isometric force-time characteristics are not detrimental to change of direction speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 520-527. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002327>.
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A. & Comfort, P. (2017). Asymmetries in single and triple hop are not detrimental to change of direction speed. *Journal of Trainology*, 6(2), 35-41. https://doi.org/10.17338/trainology.6.2_35.
- Erdem, K., Çağlayan, A., Korkmaz, O. Z., Kızılet, T. & Özbar, N. (2015). Amatör futbolcuların vücut kitle indeksi, denge ve çeviklik özelliklerinin mevkilerine göre değerlendirilmesi. *Uluslararası Spor, Egzersiz & Antrenman Bilimi Dergisi*, 1(2), 95- 103. Doi:10.18826/ijsets.74084.
- Erdoğan, C. S., Fatmanur, E. R., İpekoğlu, G., Çolakoğlu, T., Zorba, E. & Çolakoğlu, F. F. (2017). Farkli denge egzersizlerinin voleybolcularda statik ve dinamik denge performansı üzerine etkileri. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 11-18.
- Erkmen, N., Taşkın, H., Sanioglu, A., Kaplan, T. & Baştürk, D. (2010) Relationships between balance performance and functional performance in football players. *Journal of Human Kinetics*, 26, 21-29.

- Exell, T., Irwin, G., Gittoes, M. & Kerwin, D. (2017). Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1273-1282. <https://doi.org/10.1111/sms.12759>.
- Gribble, P. A., Hertel, J. & Plisky, P. (2012). Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of athletic training*, 47(3), 339-357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>.
- Haugen, T., Danielsen, J., McGhie, D., Sandbakk, Ø. & Ettema, G. (2018). Kinematic stride cycle asymmetry is not associated with sprint performance and injury prevalence in athletic sprinters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 1001-1008. <https://doi.org/10.1111/sms.12953>.
- Hoch, M. C., Staton, G. S. & McKeon, P. O. (2011). Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(1), 90-92. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.08.001>
- <https://saglikisleri.gsb.gov.tr/Sayfalar/4857/4850/sportif-performans-hizmetler.aspx>. Erişim Tarihi: 06/05/2023, saat: 10:42.
- Karasar, N. (2011). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Nobel Yayınları.
- Kesilmiş, İ. & Manolya, A. (2020). Quadriceps ve hamstring kas kuvveti dinamik denge performansını etkiler mi? *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-7.
- Little T. & Williams AG. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*.19 (1):76-8.
- Ljungqvist, A., Jenoure, P., Engebretsen, L., Alonso, J. M., Bahr, R., Clough, A. & Meeuwisse, W. (2009). The international olympic committee (ioc) consensus statement on periodic health evaluation of elite athletes march 2009. *British journal of sports medicine*, 43(9), 631-643. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.064394>.
- Longman D, Stock JT. & Wells JC. (2011). Fluctuating asymmetry as a predictor for rowing ergometer performance. *Int J Sports Med*. 32:606-610.
- Maloney, S. J., Richards, J., Nixon, D. G., Harvey, L. J. & Fletcher, I. M. (2017). Do stiffness and asymmetries predict change of direction performance? *Journal of sports sciences*, 35(6), 547-556. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1179775>.
- Mangine, G.T., Hoffman, J.R., Gonzalez, A.M., Jajtner, A.R., Scanlon, T., Rogowski, J.P. & Stout, J.R. (2014). Bilateral differences in muscle architecture and increased rate of injury in national basketball association players. *Journal of Athletic Training*, 49(6), 794-799.
- Manning JT. & Pickup L.J. (1998). Symmetry and performance in middle distance runners. *Int J Sports Med* 19:205-209.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M. & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *The Journal of Strength ve Conditioning Research*, 18(2), 276-280.

- Muehlbauer, T., Gollhofer, A. & Granacher, U. (2015). Associations between measures of balance and lower-extremity muscle strength/power in healthy individuals across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45, 1671-1692.
- Newton, R.U, Gerber, A, Nimphius, S, Shim, J.K, Doan, BK, Robertson, M, Pearson, DR, Craig, BW, Häkkinen, K. & Kraemer, WJ. (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *J Strength Cond Res* 20: 971–977.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T. & Lockie, R.G. (2016). Change of direction deficit: A more isolated measure of change of direction performance than total 505 time. *Journal of strength and conditioning research*, 30(11), 3024-3032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421>.
- Okudur, A. & Sanioğlu, A. (2012). 12 yaş tenisçilerde denge ile çeviklik ilişkisinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*, 14(2), 165-170.
- Overmoyer, G.V. & Reiser, R.F. (2013). Relationships between asymmetries in functional movements and the star excursion balance test 2013. *Journal of strength and conditioning research: the research journal of the NSCA*, 27(7). DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182779962.
- Özener B. & Ertuğrul B. (2011). Relationship between shortness of final body height and fluctuating asymmetry in Turkish young males. *Ann Hum Biol* 38:34-8.
- Özener B. (2010). Tall men with medium body fat mass percentage display more developmental stability. *Homo* 61:459-66.
- Öztürk, B., Engin, H., Büyüктаş, B. & Türkeri, C. (2023). Futbolcularda nöromusküler asimetri ile doğrusal ve multi dimensiyonel koşu performansları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Journal of Sport Sciences Research*, 8(2). DOI: 10.25307/jssr.1162741.
- Paterno M.V, Schmitt L.C, Ford K.R, Rauh M.J, Myer G.D, Huang B. & Hewett TE. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after ACL reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med* 38: 1968–1978.
- Plisky, P.J., Gorman, P. P., Butler, R.J., Kiesel, K.B., Underwood, F.B. & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Plisky, P.J., Rauh, M. J., Kaminski, T.W. & Underwood, F.B. (2006). Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 36(12), 911-919.
- Robinson, R., & Gribble, P. (2008). Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test. *Journal of sport rehabilitation*, 17(4), 347-357. <https://doi.org/10.1123/jsr.17.4.347>.
- Rocheford, E.C, DeVoe, D.E. & Reiser, R.F. (2006). Effect of previous unilateral injuries on ground reaction force bilateral asymmetries during static lifting and standing. *J Hum Mov Stud* 51: 403–424.
- Sannicandro, I., Piccinno, A., Rosa, R. A., & De Pascalis, S. (2011). Correlation between functional asymmetry of professional soccer players and sprint. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 370-371. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsem.2011.084038.171>.

- Schiltz M, Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard JM. & Croisier JL. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train* 44: 39–47.
- Schot P.K, Bates B.T. & Dufek J.S. (1994). Bilateral performance symmetry during drop landing: A kinetic-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 26: 1153–1159.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M. & Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *J Strength Cond Res*, 27(3), 802–811.
- Shambaugh J.P, Klein A. & Herbert J.H. (1991). Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Med Sci Sports Exerc* 23: 522–527.
- Sibenaller, B., Martino, M.A., Massey, K. & Butler, S. (2017). The Relationship between balance and agility in collegiate athletes. *Journal of Sport and Human Performance*, 5(2).
- Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L. & Vucetic, V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 679-686.
- Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2007). *Using multivariate statistics*. Pearson Education.
- Tomkinson, G.T, Popovic, N. & Martin, M. (2003). Bilateral symmetry and the competitive standard attained in elite and sub-elite sport. *J Sport Sci* 21: 201–211.
- Trivers R, Fink B, Russell M, McCarty K, James B. & Palestis B.G. (2014). Lower body symmetry and running performance in elite Jamaican track and field athletes. *PLoS One* 17; 9(11): e113106.
- Yanci, J., Calleja-Gonzalez, J., Cámara, J., Mejuto, G., San-Román, J. & Los-Arcos, A. (2017). Validity and reliability of a global positioning system to assess 20 m sprint performance in soccer players. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part. P J. Sport Eng. Technol.* 231, 68–71. <https://doi.org/10.1177/1754337115624818>.
- Yeadon, M.R., Kato, T. & Kerwin, D.G. (1999). Measuring running speed using photocells. *Journal of sports sciences*, 17(3), 249-257. <https://doi.org/10.1080/026404199366154>.
- Yoshioka, S., Nagano, A., Hay, D.C. & Fukashiro, S. (2011). The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on the height of a squat jump: a computer simulation study. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 867-877.

SAĞLIKLI BİREYLERDE ALT EKSTREMİTE DENGE ASİMETRİSİ İLE İVMELENME, SÜRAT VE ÇEVİKLİK PERFORMANSI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Öz

İnsanların unilaterale olarak gerçekleştirdiği hareketlerde, dominant ve non-dominant ekstremiteleredeki kuvvet, esneklik, denge, çeviklik gibi biyomotorsal beceri farklılıkları asimetri ile ilgilidir. Bu durum, insanların ortaya koyduğu hareket verimini olumsuz yönde etkileyerek sportif performansın düşmesine ve yaralanmalara zemin hazırlamaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın amacı; sağlıklı bireylerde alt ekstremitelerde denge asimetrisi ile ivmelenme, sürat ve çeviklik performansı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Araştırmaya yaş ortalaması 16.27 ± 0.788 vücut ağırlık ortalaması 61.59 ± 5.59 kg., boy uzunluğu ortalaması 1.75 ± 0.062 cm. ve Beden kitle indeksi (BKİ) ortalaması 20.40 ± 1.57 kg.m^{-2} olan 44 erkek katılımcı dahil edilmiştir. Araştırmada “Kişisel Bilgi Formu”, “Y Dinamik Denge Testi (YDDT)”, “10 Metre İvmelenme Testi”, “20 Metre Sürat Testi” ve “505 Çeviklik Testi” veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Çalışma verileri tanımlayıcı istatistiklerden Pearson Korelasyon Testi ve Independent Samples T-Testi ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak; alt ekstremitelerde denge asimetrisi ve denge skorları ile ivmelenme, sürat ve çeviklik performansı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir ($p > .05$). Ancak asimetri indeksi ile sağ composite ve ekstremiteler arası fark arasında pozitif yönde orta düzey anlamlı ($p < .05$) ilişki tespit edilmiştir. Katılımcıların çoğunda ($n: 32$) sağ ve sol ayak anterior skor farkının 4 santimden az olduğu bulunmuştur. Bu durumda ekstremiteler arası farktan kaynaklanabilecek olası bir sakatlık riskinin düşük olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Çeviklik, denge asimetrisi, sakatlık riski, sürat

GİRİŞ

Sportif performansın temeli olan denge becerileri, kondisyon gerektiren becerilerin merkezinde yer alır ve çeviklik, durma, başlama, ivmelenme, manipülatif hareketler ve dengeyi koruma dahil olmak üzere birçok biyomotor becerinin başarılı bir şekilde sergilenmesinde aktif bir rol oynar (Erdoğan ve ark., 2017). Denge atletik performans için çok önemlidir. İyi gelişmiş bir denge becerisi, ani yön değiştirmelerde vücudun ağırlık merkezini korur ve postüral sınımları azaltarak teknik becerin akıcı bir şekilde uygulanmasını sağlar (Deniz & Kayatekin, 2023). Ek olarak, birçok araştırmacı performansını iyileştirmek için dengeyi geliştirmenin önemli olduğunu ileri sürmüştür (Sporis ve ark., 2010; Little ve Williams 2005).

İnsan simetrisini ve dengesini gösteren ikili hareketler, birçok basit ve karmaşık insan hareketinin temelini oluşturur. Performans açısından sağ ve sol taraflar arasında simetrik bir dengenin olması önemlidir. İnsanlarda ikili asimetrisinin yaygın olduğu bilinmektedir (Tomkinson ve ark., 2003; Yoshioka ve ark., 2011). Foksiyonel asimetri, bir performans sırasında ortaya çıkan kinematik, dinamik veya her ikisindeki yan yana farktır. İşlevsel asimetri, antropometri, nörolojik ve güç gibi birçok etkenden ortaya çıkabilir (Rocheford ve ark., 2006). Bu nedenle, asimetriye birden fazla mekanizmanın katkıda bulunduğunu varsaymak mantıklıdır.

Fonksiyonel olarak simetrik insanların daha iyi hareket performansına (Newton ve ark., 2006; Tomkinson ve ark., 2003; Schiltz ve ark., 2009) ve daha düşük yaralanma riskine sahip olduğu öne sürülmüştür (Newton ve ark., 2006). Ayrıca uygun yöntemlerle taranan asimetrinin, yaralanma veya yeniden yaralanmayı tespit edebileceği (Paterno ve ark., 2010; Shambaugh ve ark., 1991) ve bazı durumlarda tek taraflı eksikliklerin belirlenmesine yardımcı olabileceği belirtilmiştir (Rocheford ve ark., 2006; Schiltz ve ark., 2009; Paterno ve ark., 2010). Sakatlığı olan veya fiziksel engelli bireylerde fonksiyonel asimetri beklenebilse de sağlıklı insanlarda da ölçülebilir düzeyde fonksiyonel asimetri görülmektedir (Overmoyer & Reiser, 2013). Örneğin, aşağı iniş kuvvetinde (Schot ve ark., 1994), çeşitli atlama ve zıplama görevlerinde (Ball ve ark., 2010; Newton ve ark., 2006) alt ekstremitelerde fonksiyonel asimetrisi belgelenmiştir. Sağlıklı bireylerde uzuvlar arası asimetriyi destekleyen kanıtlar yetişkin popülasyonda yeterli olsa da, gençlerde asimetri araştırmaları bariz bir şekilde eksiktir. Kronolojik ve biyolojik yaşın katkısı, özellikle insan hareketinin simetrisi göz önüne alındığında, fonksiyonel performans ortamlarında sınırlı ilgi görmüştür (Atkins ve ark., 2016). Ayrıca sporla ilgili bazı performanslarda fonksiyonel simetri gerekliliği (Manning ve Pickup 1998) ve olası bir asimetrinin sporcunun yaralanma riskiyle ilişkili olduğu bilinmektedir (Plisky ve ark., 2006; Plisky ve ark., 2009).

Asimetrinin neden olabileceği olası yaralanma riski ve performans düşüklüğünü destekleyen ikna edici kanıtlara rağmen, genç popülasyonda asimetriye odaklanan literatür eksiktir. Ekstremiteler arası asimetrinin ivmelenme, sürat, çeviklik ve kuvvet gibi sportif performans bileşenleri üzerindeki etkisinin ve muhtemel bir asimetrinin neden olabileceği yaralanma riskinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Bununla birlikte denge asimetrisi ile sürat, ivmelenme ve çeviklik arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda kısıtlıdır. Bu bilgilerden hareketle çalışmanın amacı; sağlıklı bireylerde alt ekstremitte denge asimetrisi ile ivmelenme, sürat ve çeviklik performansı

arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Çalışmada, genç sporcularda artan denge asimetrisinin sürat, ivmelenme ve çeviklik performansını etkileyebileceği hipotezi ileri sürülmüştür.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu çalışmada nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. İlişkisel tarama modeli, iki ve daha çok değişken arasında değişimin olup olmadığını veya derecesini belirlemek için tasarlanmış bir tarama modelidir (Karasar, 2011).

Araştırma Grubu

Çalışma grubu 15-17 yaş arası gönüllü erkek katılımcıdan oluşturulmuştur. Çalışmadan çıkarılma kriteri olarak; a) Alt ekstremite kas iskelet sistemi yaralanması geçirmiş olma b) Kardiyovasküler bir hastalığa sahip olması c) Devam eden ağrı ve sakatlığın olması d) Alt ekstremite uzunluk farkı olmasıydı. G*Power analizine göre, örneklem büyüklüğü %95 güven düzeyinde, % 95 zorluk düzeyinde ve %5 kabul edilebilir hata payı ile 38 katılımcı olarak hesaplandı. Çalışmanın gücünü arttırmak ve olası bir denek kaybını engellemek için 44 katılımcı çalışmaya dâhil edilmiştir. Tüm katılımcılar protokol ve deneysel riskler hakkında bilgilendirildi. 18 yaşın altındaki katılımcılara ebeveyn onayı alındıktan sonra çalışmaya katılım için bir bilgilendirme sözleşmesi imzalatıldı. Katılımcılara ait betimleyici bilgilere tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Katılımcıların Tamamlayıcı Bilgilerine İlişkin Bulgular

Değişkenler	N	\bar{X}	Ss	Min/ Maks
Yaşı (yıl)	44	16.27	.788	15.00-17.00
Vücut ağırlığı (kg)	44	61.59	5.59	51.00-80.00
Boy uzunluğu (cm)	44	1.75	.062	1.64-1.90
Beden kitle indeksi (kg.m^{-2})	44	20.40	1.57	17.56-24.44

X: Ortalama, Ss: Standart sapma, BKİ: Beden kitle indeksi, kg: Kilogram, m^{-2} : Metrekare, Min: Minimum, Maks: Maksimum, N: Katılımcı Sayısı

Tablo 1 incelendiğinde; katılımcıların yaş ortalaması 16.27 ± 0.788 vücut ağırlık ortalaması 61.59 ± 5.59 kg., boy uzunluğu ortalaması 1.75 ± 0.062 cm. ve BKİ ortalaması 20.40 ± 1.57 kg.m^{-2} olan 44 erkek katılımcıdan oluştuğu belirlenmiştir.

Araştırma Prosedürü

Çalışma 24 saat aralıkla 2 seanstan oluşturulmuştur. İlk olarak katılımcıların boy, kilo ve vücut kitle indekslerinin belirlenmesi için antropometrik bir değerlendirme yapıldı. Daha sonra katılımcılara 15 dakika süren genel ısınma ve 5 dakika esnetme protokolü uygulandı. Isınmadan sonra katılımcılar rastgele sırayla testlere alındı. Araştırmanın 1. seansında katılımcılara Y denge testi ve 10 metre ivmelenme testi uygulandı. Denge testinden elde edilen sonuçlarla katılımcıların bilateral asimetri oranları belirlendi. 2. Seansta ise katılımcılara 20 metre sürat testi ve yön değiştirme becerilerini belirlemek amacıyla 505 çeviklik testi uygulanıldı. Ayrıca katılımcıların sirkadiyen ritminden etkilenmesini en aza indirmek için çalışma günün aynı saatlerinde (11.00-13.00) yapıldı.

Asimetri İndeksinin (AI) Hesaplanması

Katılımcılarım Y denge dominant ve non-dominant ayak compotise skorları hesaplanmıştır. Daha sonra dinamik dengede (YBT) tercih edilen dominant (PDL) ve non-dominant (ND) bacak arasındaki asimetriyi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Newton ve ark., 2006).

$$\text{Asimetri \%} = \frac{\text{Dominant (PDL)} - \text{Non-dominant (ND)}}{\text{Dominant (PDL)}} \times 100$$

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak "Kişisel Bilgi Formu", "Y Dinamik Denge Testi (YDDT)", "10 Metre İvmelenme Testi", "20 Metre Sürat Testi" ve "505 Çeviklik Testi" kullanıldı.

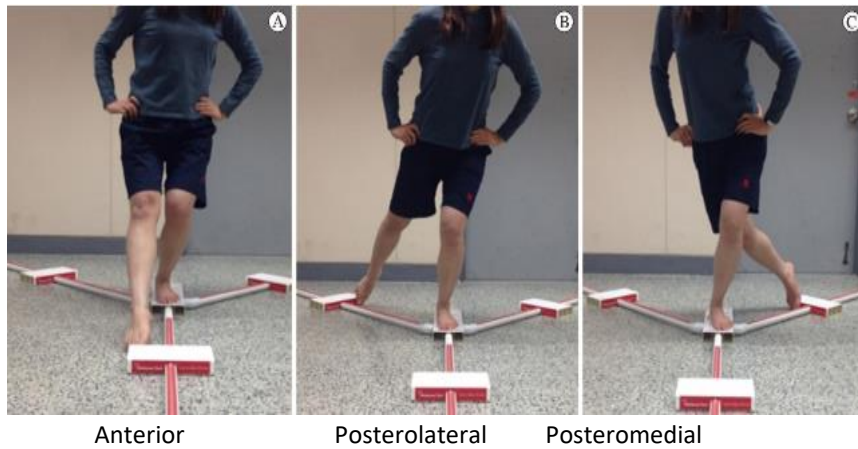
Personal Information Form

Yaş, boy, kilo, BKİ gibi tanımlayıcı bilgileri toplamak için araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Y Dinamik Denge Testi (YDDT)

Bu test, güvenilir, özgül, ekonomik, hedef tarama popülasyonu için kabul edilebilir, uygulaması kolay ve denge asimetrisini belirleyebilmektedir (Gribble ve ark., 2012). Test alt ekstremitenin nöromüsküler kontrolünün değerlendirmesini ve katılımcıların sağ ve sol ayak üzerinde üç farklı yönde (anterior, posteromedial ve posterolateral) dinamik denge performanslarındaki asimetriyi değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Test platformu arka yön (posteromedial ve posterolateral) arasında 45° ve ön yönde 135° olacak şekilde tasarlanmıştır. Katılımcılar, elleri belinde ve bir ayağı test platformunda sabit bir duruş sağlarken, diğer ayağının parmak ucuyla bloğu 3 yönde iterek testi gerçekleştirmiştir. Her ölçümden sonra, her iki ayağın da yere değmeden başlangıç pozisyonuna dönmelerini istenmiştir. Katılımcıların bacak uzunluğu, anterior superior iliak omurgadan medial malleolusa kadar olan en distal kısım ölçülerek belirlendi. Test her yönde (anterior, posteromedial, posterolateral) 3 kez tekrar edildikten sonra normalleştirme formülü kullanılmıştır (Plisky ve ark., 2009).

$$\text{Composite skoru} = \frac{(\text{anterior} + \text{posterolateral} + \text{posteromedial})}{3 \times \text{Ekstremitte uzunluğu}} \times 100$$



Şekil 1. Y Dinamik Denge Testi (saglikisleri.gsb.gov.tr).

10 Metre İvmelenme Testi

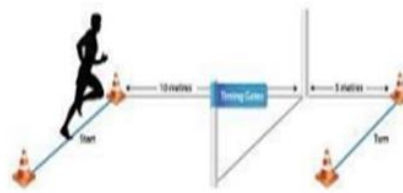
Bu test, katılımcıların doğrusal hız yeteneğini ölçmek için kullanılmıştır. Katılımcılar teste başlamadan önce 2 deneme ısınması için izin verilmiştir. İvme değerleri başlangıç ve bitiş noktalarına yerleştirilen fotoseller ile değerlendirilmiştir (Bloomfield ve ark., 2007). Katılımcılar denemeler arasında 2 dakikalık dinlenme ile 3 maksimum eforlu sprint denemesi gerçekleştirdiler. 3 denemenin en iyi performansı daha fazla analiz için kaydedilmiştir (Yeadon, 1999).

20 Metre Sürat Testi

Katılımcının maksimum hızını belirlemek için 20 metre koşu testi kullanılmıştır (Moir ve ark., 2004). Katılımcılar teste başlamadan önce 2 deneme ısınması yapması için izin verilmiştir. Katılımcılardan başlangıç çizgisinin 1 metre gerisinden başlamaları ve tüm mesafeyi mümkün olan en kısa sürede maksimum eforla koşmaları istenmiştir. Katılımcılara denemeler arasında 3 dakikalık dinlenme süresi ile 3 deneme yapmasına izin verilmiştir (Yancı ve ark., 2017). En iyi performans saniye cinsinden kaydedilmiştir.

505 Çeviklik Testi

Katılımcılar düşük tempoda test parkurunu tanımaları için deneme yapmaları sağlandı. Katılımcılardan başlangıç çizgisinden 15 m uzaklıkta işaretlenmiş bir çizgiye doğru koşmaları, sol veya sağ ayaklarını çizgiye koymaları 180° dönmeleri ve bitiş çizgisinden 5 m geriye doğru koşmaları istenmiştir. Eğer denek dönüş çizgisine varmadan önce yön değiştirirse deneme dikkate alınmamış ve denek dinlenme süresinin ardından başka bir denemeyi tamamlamıştır. Ölçüm 3 denemeden en iyi olan derece değerlendirmeye alınmıştır. Ölçümler arası 2 dakika dinlenme verilmiştir (Nimphius ve ark., 2016).



Şekil 2. 505 Çeviklik Testi

Verilerin Analizi

Çalışmadan elde edilen verilerin normallik dağılımı için Kolmogorov Simirnov testi uygulanmıştır. +1.5 ile -1.5 arasındaki çarpıklık ve basıklık değerleri normal dağılım olarak kabul edilmektedir (Tabachnick & Fidell, 2007). Çalışma değerleri normal dağılım (Skewness -.159 ve Kurtosis 1.119) gösterdiğinden veri analizinde parametrik testlerden değişkenler arası ilişki Pearson Korelasyon Testi ile değişkenlerin karşılaştırılmasında ise Independent Samples T-Testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < .05$ olarak kabul edilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilerin

değerlendirilmesinde; tanımlayıcı istatistiksel yöntemlerden, frekans (n), ortalama ±standart sapma, min (minimum), maks (maksimum) değerleri kullanılmıştır.

BULGULAR

Tablo 2. Katılımcıların Performans Testlerine (Denge, İvmelenme, Sürat, Çeviklik) ve Asimetri Yüzdelerine Ait Skor

	$\bar{X} \pm SS$	Min/Maks
AI (cm)	-620±5.58	-9.73/14.68
EAF(cm)	.727±4.46	-7/10
Dinamik Denge Skoru(cm)		
Sağ	Anteriör	64.61±7.06
	Posterior-medial	71.40±9.13
	Posterior-lateral	69.50±9.90
	Composite	68.76±6.01
Sol	Anteriör	63.65±6.36
	Posterior-medial	72.09±9.04
	Posterior-lateral	70.36±9.44
	Composite	68.95±5.66
Performans Testleri (sn)		
İvmelenme	1.73±.095	1.56/1.95
Sürat	3.05±.142	2.76/3.46
Çeviklik	2.81±.237	2.42/3.27

AI: Asimetri İndeksi, AI: Dominant(PDL)-Non-dominant (ND)/ Dominant(PDL)x100, EAF: Ekstremitler arası fark, EAF: Ekstremitler arası fark, cm: santimetre

Tablo 2 incelendiğinde; katılımcıların dinamik denge sağ ayak skorlarının 64.61 ila 68.78 değerleri arasında; dinamik denge sol ayak skorlarının 63.65 ila 68.95 olduğu; katılımcıların asimetri yüzdeleri (-.620 cm), 10 metre ivmelenme (1.73 sn), 20 metre sürat (3.05 sn) ve çeviklik (2.81 sn), Erişim mesafesi (.727 cm) ortalama değerler olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Ekstremiteler Arası Fark ile Uygulanan Testler (Çeviklik, Sürat, İvmelenme, Denge) Arasındaki Karşılaştırmalı Bulguları

	Ekstremiteler Arası Fark (EAF)		t	p
	Uzuv Farkı <4 cm (n=32)	Uzuv Farkı >4 cm (n=12)		
Dinamik Denge Skoru(cm)	$\bar{X} \pm SS$	$\bar{X} \pm SS$		
Composite Sağ	68.72 ±6.12	68.86±5.97	-.070	.945
Composite Sol	69.90±5.23	66.41±6.21	1.86	.069
Asimetri İndeksi	-2.12±4.21	3.39±6.92	-2.58	.021*
Performans Testleri (sn)				
İvmelenme	1.74±.094	1.70±.095	1.23	.225
Sürat	3.06±.152	3.03±.116	.748	.459
Çeviklik	2.84±.228	2.76±.261	.947	.349

*p<.05

Tablo 3 incelendiğinde ekstremiteler arası fark ile sadece asimetri indeksi arasında anlamlı fark tespit edilirken (p= 021), diğer parametreler arasında anlamlı fark tespit edilememiştir (p>.05).

Tablo 4. Katılımcıların Asimetri Yüzdeleri ile Performans Testleri (İvmelenme, Sürat, Çeviklik) ve Composite Değerleri Arasındaki İlişkiye Ait Bulguları

	Al	Sağ Com	Sol Com	İvmelenme	Sürat	Çeviklik	EAF
Al	1						
Sağ Com	.372*	1					
Sol Com	-.282	.777**	1				
İvmelenme	-.125	-.186	-.125	1			
Sürat	-.010	-.102	-.058	.672**	1		
Çeviklik	.025	.063	.036	.394**	.411**	1	
EAF	.444*	.011	-.277	-.186	-.115	-.145	1

Al: **Asimetri İndeksi**, EAF: **Ekstremitler Arası Fark**, Com: **Composite**, M: **Metre**

*p < .05, **p < .01

Tablo 4 incelendiğinde; asimetri indeksi ile performans testleri ivmelenme, (r= -.125), sürat (r= -.010), çeviklik (r= -.025) ve sol composite (r= -.282) arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Ancak sağ composite (r= .372) ve EAF(r= .444) değerleri ile asimetri indeksi arasında pozitif yönde orta düzey anlamlı (p<0.05) ilişki tespit edilmiştir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Hareket becerisi statik veya dinamik denge becerilerini içerir. Dolayısıyla motor ve koordinasyon becerisi gerektiren hareketlerin birçoğu aynı zamanda dengelemeyi de içerdiği söylenebilir (Kesilmiş & Manolya, 2020). Denge, iyi bir sportif performans için temel oluşturmakta ve kas, sinir sistemi için de iletici olarak tanımlanmaktadır. Denge sağlamadaki beceri, diğer motorik sistemlerin gelişmesinde belirleyici bir faktör olarak tanımlanabilmektedir (Aksu, 1994). Postüral kontrolde ekstremiteler arasında meydana gelecek bir asimetrinin motor becerileri etkileyebileceğinden söz edilebilir. Muhtemel bir asimetrinin neden olabileceği yaralanma riskinin belirlenmesi de önem arz etmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda çalışmanın amacı sağlıklı bireylerde alt ekstremitte denge asimetrisi ile ivmelenme, sürat ve çeviklik performansı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Çalışmada, genç sporcularda artan denge asimetrisinin sürat, ivmelenme ve çeviklik performansını etkileyebileceği hipotezi ileri sürülmüştür.

Çalışmanın bulgularına göre denge composite skorları ile ivmelenme, sürat ve çeviklik performansları arasında anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Alan yazında çalışmanın sonuçlarını destekler bulgular bulunmaktadır. Jimnastik sporcuları ile yapılan çalışmada denge skorları ile sürat, hız ve çeviklik arasında anlamlı fark olmadığı bulunmuştur (Baştürk ve ark., 2019). Erdem ve ark. (2015), futbolcular ile yapıları çalışmada denge ve çeviklik arasında anlamlı bir ilişki olmadığını bildirmişlerdir. Farklı bir çalışmada sprint ve ivmelenme performansının denge becerisi ile ilişkili olmadığı tespit edilmiştir (Erkmen ve ark., 2010). Sibenaller ve ark. (2017), sağlıklı lise sporcularının statik ve dinamik denge skorları ile çeviklik arasında ilişki olmadığı rapor etmişlerdir. Alan yazında çalışmanın aksine anlamlı ilişkinin tespit edildiği sonuçlarda elde edilmiştir. Sekulic ve ark. (2013) farklı spor branşlarından sporcular üzerine yaptıkları çalışmada erkek sporcularda denge ve çeviklik arasında anlamlı ilişki olduğunu ancak kadın sporcularda anlamlı fark olmadığını bildirmişlerdir. Okudur ve Sanioğlu (2012) tenis sporcularına yaptığı çalışmada denge skorları ile çeviklik performansları arasında pozitif ilişki olduğunu bulmuşlardır. Miller ve ark., (2006) denge ve vücut pozisyon kontrolünün geliştirilmesinin karmaşık hareketler

esnasında çeviklik performansına pozitif yönde etkileyeceğini rapor etmişlerdir. Çalışma sonuçları ile çelişen bulguların bulunması çalışmanın sporcu grubu ile değil de sağlıklı bireyle yapılmış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Literatürde çelişkili bulguların elde edilmesinin nedeni farklı branşlara sahip sporculardan oluşturulmuş örneklem gruplarının olması, yaş farklılıklarının olması ve ölçüm yöntemlerindeki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir. Alan yazında bulunan mevcut bilgilere dayanarak denge becerisi ile sürat, ivmelenme ve çeviklik performansı arasındaki ilişki tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamıştır.

Çalışmada denge asimetrisi ile ivmelenme, sürat ve çeviklik performansları arasında anlamlı ilişki tespit edilememiştir. Çalışma sonuçları hipotezimizi desteklememiştir. Doğrudan denge asimetrisi ile performans arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaya alan yazında rastlanmamıştır. Literatürde sıçrama asimetrisi ve performans testleri ile yapılan mevcut çalışmalarda; dikey sıçrama asimetrisi ile doğrusal ve yön değiştirmeli koşu performansları arasındaki ilişkinin incelendiğinde çalışmalarda anlamlı düzeyde fark olmadığı bildirilmiştir (Öztürk, 2023; Chiang, 2014; Dos Santos ve ark., 2017; Dos Santos ve ark., 2018; Exell ve ark., 2017; Haugen ve ark., 2018). Fakat alan yazında farklı bulguların elde edildiği araştırmalarda bulunmaktadır (Sannicandro ve ark., 2011). Bishop ve ark. (2021), bacaklar arasındaki %5'lik bir sıçrama asimetrisinin futbolcular arasında sıçrama performansını olumsuz etkileyebileceğini bildirmiştir. Farklı bir çalışmada güç asimetrisi ile performans arasında pozitif bir korelasyon bulunduğunu bildirilmiştir (Newton ve ark., 2006). Diğer bir çalışmada ise sıçrama yüksekliği asimetrisinin daha yavaş çeviklik performansı ile ilişkili olduğunu ancak sıçrama performansı ile ilişkili olmadığını bulmuştur (Maloney ve ark., 2017). Literatürde çelişki bulguların olduğu görülmektedir. Örneklem grupları ve yapılan testlerdeki farklılıklar bu çelişkiyi açıklayabilir.

Asimetri ile ilgili yapılan çalışmaların bazılarında ise simetrik bir vücuda sahip bireylerin, daha uzun boylu ve atletik olduğu (Manning & Pickup, 1998, Özener, 2010; Özener & Ertuğrul, 2011), simetrik sporcuların ise atletik performans ve sportif başarılarının daha yüksek olduğu yönünde çalışmalar mevcuttur (Longman ve ark., 2011; Trivers ve ark., 2013). Çalışmada her ne kadar denge asimetrisi ve performans testleri arasında anlamlı ilişki tespit edilemese de literatürde var olan sonuçlar doğrultusunda farklı asimetrisinin performansı etkileyebileceğinden söz edilebilir. Alan yazındaki çalışmalar genellikle kuvvet ve sıçra asimetrisi üzerine yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Denge asimetrisi ile ilgili farklı çalışmaların yapılarak bir alan yazının oluşturulması gerektiği görülmektedir.

Çalışmada sağ ve sol ayak anterior skorları arasındaki fark ile denge ve performans test skorları arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Bu sonuçlarda katılımcıların çoğunda (n:32) iki ekstremite arasındaki sağ ve sol ayak anterior erişme mesafesi arasındaki farkın 4 santimden az olduğunu ve sakatlanma riskinde düşük olabileceğini göstermektedir. Alt ekstremite asimetrisinin sadece performans ile ilişkili olmadığı, olası sakatlıklar hakkında bilgi verdiği alan yazında mevcuttur. Özellikle çalışmada kullanılan Y denge testi yöntemi kullanılarak yapılan çalışmalarda; Plisky ve ark. (2006), sağ ve sol ayak anterior erişme mesafesi arasındaki farkın 4 cm'den büyük olan oyunculara alt ekstremite yaralanmalarına maruz kalma olasılığının 2,5 kat daha fazla olduğunu bildirmiştir. Aynı zamanda ekstremite uzunluklarının %94.0'ından daha az bileşik erişim mesafesine sahip olan kadınların alt ekstremite yaralanmalarına maruz kalma olasılıklarının 6.5 kat daha fazla olduğunu rapor edilmiştir (Plisky ve

ark., 2006). Bu sonuçlar, ekstremiteler arası karşılaştırmaların alt ekstremitelere yaralanma riskinin tespiti için yararlı ve hızlı bir tarama aracı olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak; denge asimetrisi ve denge skorları ile ivmelenme, sürat ve çeviklik skorları arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Ancak asimetri indeksi ile sağ composite ve ekstremiteler arası fark arasında pozitif yönde orta düzey anlamlı ($p < 0.05$) ilişki tespit edilmiştir. Aynı zamanda literatürdeki mevcut çalışmaların sonuçları doğrultusunda ekstremiteler arası asimetrinin performansı etkileyebileceği sonucu da görülmektedir. Çalışmada katılımcıların çoğunda (n: 32) sağ ve sol ayak anterior skorları arasındaki farkın 4 santimden az olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda uzuvlar arası farktan kaynaklanabilecek olası bir sakatlık riskinin düşük olabileceğine işaret etmektedir. Çalışmanın güçlü yönü literatürde asimetri ile yapılan farklı çalışmalar olmasına karşın denge asimetrisi ile performans testlerinin karşılaştırıldığı çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmanın sınırlılığı olarak; sağlıklı erkek bireylerle yapılmış olması sonuçların kadınlar ve sporcu popülasyon için bir genelleştirilmesinin önüne geçmiştir.

ÖNERİLER

Çalışmanın bulguları doğrultusunda; ekstremiteler arası denge asimetrisinin neden olabileceği sakatlık riskinin sezon öncesi değerlendirilmesi, ekstremiteler arası farklılıkları en aza indirilmesi için antrenmanlarda tek taraflı ve çift taraflı çalışmaların kombine şekilde yapılması, antrenmanlar da tüm biyomotor becerileri kapsayan protokollerinin uygulanmasını önerilmektedir.

ARAŞTIRMA ETİĞİ

"Bu makalede dergi yazım kuralları, yayın ilkeleri, araştırma ve yayın etiği ile dergi etik kurallarına uyulmuştur. Makale ile ilgili ortaya çıkabilecek her türlü ihlalde sorumluluk yazara aittir." Çalışma, Erzurum Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 25.05.2023 tarihinde yapılan 06 sayılı toplantısında alınan 03 sayılı karar ile yayın etiğine uygunluk için gerekli resmi izinler alındıktan sonra gerçekleştirilmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranları Beyanı

Bu çalışmada yazarın katkı oranı %100'dür.

Çatışma Beyanı

Yazarın araştırma ile ilgili bir çatışma beyanı bulunmamaktadır.

Teşekkür Beyanı

Araştırmada yer alan katılımcılara ve ölçümlerin yapılmasına yardımcı olan beden eğitimi öğretmeni arkadaşlara teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Aksu, S. (1994). *Denge eğitiminin etkilerinin postürel stres testi ile değerlendirilmesi* [Bilim Uzmanlığı Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Atkins, S. J., Bentley, I., Hurst, H. T., Sinclair, J. K. & Hesketh, C. (2016). The presence of bilateral imbalance of the lower limbs in elite youth soccer players of different ages. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 1007-1013. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182987044.
- Ball, N.B, Stock CG. & Scurr J.C. (2010). Bilateral contact ground reaction forces and contact times during plyometric drop jumping. *J Strength Cond Res* 24: 2762–2769.
- Baştürk, D., Çatalkaya, Z., Seyhan M.E., Açıkalın, Y., Hondoroğlu, K. & Karataş K. (2019) Cimnastikte sürat çeviklik ve denge ilişkisi. *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 133-140.
- Bishop, C., Brashill, C., Abbott, W., Read, P., Lake, J., & Turner, A. (2021). Jumping asymmetries are associated with speed, change of direction speed, and jump performance in elite academy soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(7), 1841-1847. OI: 10.1519/JSC.0000000000003058
- Bloomfield, J., Polman, R., O'donoghue, P. & McNaughton, L. (2007). Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(4), 1093-1100.
- Chiang, C. Y. (2014). *Lower body strength and power characteristics influencing change of direction and straight-line sprinting performance in Division I Soccer Players*. East Tennessee State University.
- Deniz, R. & Kayatekin, B. M. (2023). U13 Kadın futbolcularda fonksiyonel denge antrenmanlarının denge ve çeviklik performansına etkisi: Tanımlayıcı Araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 15(1).
- Dos' Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A. & Comfort, P. (2018). Asymmetries in isometric force-time characteristics are not detrimental to change of direction speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 520-527. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002327>.
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A. & Comfort, P. (2017). Asymmetries in single and triple hop are not detrimental to change of direction speed. *Journal of Trainology*, 6(2), 35-41. https://doi.org/10.17338/trainology.6.2_35.
- Erdem, K., Çağlayan, A., Korkmaz, O. Z., Kızılet, T. & Özbar, N. (2015). Amatör futbolcuların vücut kitle indeksi, denge ve çeviklik özelliklerinin mevkilerine göre değerlendirilmesi. *Uluslararası Spor, Egzersiz & Antrenman Bilimi Dergisi*, 1(2), 95- 103. Doi:10.18826/ijsets.74084.
- Erdoğan, C. S., Fatmanur, E. R., İpekoğlu, G., Çolakoğlu, T., Zorba, E. & Çolakoğlu, F. F. (2017). Farkli denge egzersizlerinin voleybolcularda statik ve dinamik denge performansı üzerine etkileri. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 11-18.
- Erkmen, N., Taşkın, H., Sanioglu, A., Kaplan, T. & Baştürk, D. (2010) Relationships between balance performance and functional performance in football players. *Journal of Human Kinetics*, 26, 21-29.

- Exell, T., Irwin, G., Gittoes, M. & Kerwin, D. (2017). Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(11), 1273-1282. <https://doi.org/10.1111/sms.12759>.
- Gribble, P.A., Hertel, J. & Plisky, P. (2012). Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of athletic training*, 47(3), 339-357. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>.
- Haugen, T., Danielsen, J., McGhie, D., Sandbakk, Ø. & Ettema, G. (2018). Kinematic stride cycle asymmetry is not associated with sprint performance and injury prevalence in athletic sprinters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(3), 1001-1008. <https://doi.org/10.1111/sms.12953>.
- Hoch, M. C., Staton, G. S. & McKeon, P. O. (2011). Dorsiflexion range of motion significantly influences dynamic balance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(1), 90-92. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.08.001>
<https://saglikisleri.gsb.gov.tr/Sayfalar/4857/4850/sportif-performans-hizmetler.aspx>. Erişim Tarihi: 06/05/2023, saat: 10:42.
- Karasar, N. (2011). *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Nobel Yayınları.
- Kesilmiş, İ. & Manolya, A. (2020). Quadriceps ve hamstring kas kuvveti dinamik denge performansını etkiler mi? *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-7.
- Little T. & Williams AG. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*.19 (1):76-8.
- Ljungqvist, A., Jenoure, P., Engebretsen, L., Alonso, J. M., Bahr, R., Clough, A. & Meeuwisse, W. (2009). The international olympic committee (ioc) consensus statement on periodic health evaluation of elite athletes march 2009. *British journal of sports medicine*, 43(9), 631-643. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.064394>.
- Longman D, Stock JT. & Wells JC. (2011). Fluctuating asymmetry as a predictor for rowing ergometer performance. *Int J Sports Med*. 32:606-610.
- Maloney, S. J., Richards, J., Nixon, D. G., Harvey, L. J. & Fletcher, I. M. (2017). Do stiffness and asymmetries predict change of direction performance? *Journal of sports sciences*, 35(6), 547-556. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1179775>.
- Mangine, G.T., Hoffman, J.R., Gonzalez, A.M., Jajtner, A.R., Scanlon, T., Rogowski, J.P. & Stout, J.R. (2014). Bilateral differences in muscle architecture and increased rate of injury in national basketball association players. *Journal of Athletic Training*, 49(6), 794-799.
- Manning J.T. & Pickup L.J. (1998). Symmetry and performance in middle distance runners. *Int J Sports Med* 19:205-209.
- Moir, G., Button, C., Glaister, M. & Stone, M. H. (2004). Influence of familiarization on the reliability of vertical jump and acceleration sprinting performance in physically active men. *The Journal of Strength ve Conditioning Research*, 18(2), 276-280.

- Muehlbauer, T., Gollhofer, A. & Granacher, U. (2015). Associations between measures of balance and lower-extremity muscle strength/power in healthy individuals across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 45, 1671-1692.
- Newton, R.U, Gerber, A, Nimphius, S, Shim, J.K, Doan, B.K, Robertson, M, Pearson, D.R, Craig, B.W, Häkkinen, K. & Kraemer, W.J. (2006). Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *J Strength Cond Res* 20: 971–977.
- Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T. & Lockie, R.G. (2016). Change of direction deficit: A more isolated measure of change of direction performance than total 505 time. *Journal of strength and conditioning research*, 30(11), 3024-3032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421>.
- Okudur, A. & Sanioğlu, A. (2012). 12 yaş tenisçilerde denge ile çeviklik ilişkisinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*, 14(2), 165-170.
- Overmoyer, G.V. & Reiser, R.F. (2013). Relationships between asymmetries in functional movements and the star excursion balance test 2013. *Journal of strength and conditioning research: the research journal of the NSCA*, 27(7). DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182779962.
- Özener B. & Ertuğrul B. (2011). Relationship between shortness of final body height and fluctuating asymmetry in Turkish young males. *Ann Hum Biol* 38:34-8.
- Özener B. (2010). Tall men with medium body fat mass percentage display more developmental stability. *Homo* 61:459-66.
- Öztürk, B., Engin, H., Büyüктаş, B. & Türkeri, C. (2023). Futbolcularda nöromusküler asimetri ile doğrusal ve multi dimensiyonel koşu performansları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Journal of Sport Sciences Research*, 8(2). DOI: 10.25307/jssr.1162741.
- Paterno M.V, Schmitt L.C, Ford KR, Rauh M.J, Myer G.D, Huang B. & Hewett T.E.(2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after ACL reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med* 38: 1968–1978.
- Plisky, P.J., Gorman, P.P., Butler, R. J., Kiesel, K.B., Underwood, F.B. & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Plisky, P.J., Rauh, M. J., Kaminski, T.W. & Underwood, F.B. (2006). Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 36(12), 911-919.
- Robinson, R., & Gribble, P. (2008). Kinematic predictors of performance on the Star Excursion Balance Test. *Journal of sport rehabilitation*, 17(4), 347-357. <https://doi.org/10.1123/jsr.17.4.347>.
- Rocheford, E.C, DeVoe, D.E. & Reiser, R.F. (2006). .Effect of previous unilateral injuries on ground reaction force bilateral asymmetries during static lifting and standing. *J Hum Mov Stud* 51: 403–424.
- Sannicandro, I., Piccinno, A., Rosa, R. A., & De Pascalis, S. (2011). Correlation between functional asymmetry of professional soccer players and sprint. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 370-371. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsem.2011.084038.171>.

- Schiltz M, Lehance C, Maquet D, Bury T, Crielaard JM. & Croisier J.L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *J Athl Train* 44: 39–47.
- Schot P.K, Bates B.T. & Dufek J.S. (1994). Bilateral performance symmetry during drop landing: A kinetic-analysis. *Med Sci Sports Exerc* 26: 1153–1159.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M. & Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *J Strength Cond Res*, 27(3), 802–811.
- Shambaugh J.P, Klein A. & Herbert J.H. (1991). Structural measures as predictors of injury in basketball players. *Med Sci Sports Exerc* 23: 522–527.
- Sibenaller, B., Martino, M.A., Massey, K. & Butler, S. (2017). The Relationship between balance and agility in collegiate athletes. *Journal of Sport and Human Performance*, 5(2).
- Sporis, G., Jukic, I., Milanovic, L. & Vucetic, V. (2010). Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 679-686.
- Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2007). *Using multivariate statistics*. Pearson Education.
- Tomkinson, G.T, Popovic, N. & Martin, M. (2003). Bilateral symmetry and the competitive standard attained in elite and sub-elite sport. *J Sport Sci* 21: 201–211.
- Trivers R, Fink B, Russell M, McCarty K, James B. & Palestis BG. (2014). Lower body symmetry and running performance in elite Jamaican track and field athletes. *PLoS One* 17; 9(11): e113106.
- Yanci, J., Calleja-Gonzalez, J., Cámara, J., Mejuto, G., San-Román, J. & Los-Arcos, A. (2017). Validity and reliability of a global positioning system to assess 20 m sprint performance in soccer players. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part. P J. Sport Eng. Technol.* 231, 68–71. <https://doi.org/10.1177/1754337115624818>.
- Yeadon, M. R., Kato, T. & Kerwin, D. G. (1999). Measuring running speed using photocells. *Journal of sports sciences*, 17(3), 249-257. <https://doi.org/10.1080/026404199366154>.
- Yoshioka, S., Nagano, A., Hay, D. C. & Fukashiro, S. (2011). The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on the height of a squat jump: a computer simulation study. *Journal of Sports Sciences*, 29(8), 867-877.