



Sağlık ve Spor Bilimleri Alanında Yapılan Hareket Analizi Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Barış TÜRKER¹

¹Trabzon Üniversitesi, Tonya Meslek Yüksekokulu. <https://orcid.org/0000-0001-7045-7573>

To cite this article/ Atf için:

Türker, B. (2024). Sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analizi çalışmalarının değerlendirilmesi. *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 5(3), 13-21.

Özet

Bu araştırmanın amacı, 2005-2023 yılları arasında Türkiye’de sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analiziyle ilgili bilimsel araştırmaları; örneklem sayısı, kamera sayısı, kameraların görüntü yenileme frekansı, analiz yöntemi (kinetik ya da kinematik), değerlendirmenin boyutu (iki ya da üç boyut) ve kullanılan yazılım değişkenleri açısından incelemektir. Araştırma nitel araştırma yöntemlerinden biri olan belge (doküman) incelemesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya 2005-2023 yılları arasında Türkiye’de sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analizine yönelik bilimsel çalışmalar dahil edilmiştir. Yüksek lisans ve doktora tezlerini belirlemek için YÖK tez veri tabanı, makaleleri tespit etmek için ise Ulakbim ve Google Akademik arama motorları kullanılmıştır. Bu veri tabanlarında ‘hareket analizi’, ‘biyomekanik’, ‘kinematik’ ve ‘kinetik’ anahtar kelimeleri kullanılarak tarama yapılmıştır. Çalışmaya konu olan tez ve makale sayısı sınırlı olduğundan örneklem alınmayarak evrenin tamamına ulaşılması hedeflenmiştir. Araştırmaya 30’u lisansüstü tez ve 66’sı makale olmak üzere toplam 96 bilimsel araştırma dahil edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, hareket analizi alanında en sık 1 ve 10 örneklemlili çalışmaların yapıldığı (%9,4; n:9), genellikle 2 kameranın tercih edildiği (%28,1; n:27) ve en yaygın olarak 100 Hz görüntü yenileme frekansına sahip kameraların kullanıldığı (%32,3; n:31) tespit edilmiştir. Ayrıca hareket analizi çalışmalarında kinematik analizlerin kinetik analizlere kıyasla daha fazla yapıldığı (%55,2; n:53), çoğunlukla 3 boyutlu analizlerin gerçekleştirildiği (%72,9; n:70) ve bu analizlerde en sık SIMI Motion (%27,1; n:26) ve Kinovea (%12,5; n:12) yazılımlarının kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, hareket analizi alanında yeni teknoloji ve yöntemler kullanılarak daha fazla araştırma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Araştırmacılara daha fazla kamera kullanarak hem kinetik hem de kinematik verileri değerlendiren ve daha büyük örneklem gruplarını içeren çalışmalar yapmaları önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Hareket analizi, Biyomekanik, Kinematik, SIMI Motion, Kinovea

Evaluation of Movement Analysis Studies in the Field of Health and Sports Sciences

Abstract

The aim of this research is to examine scientific studies on motion analysis conducted in the field of health and sports sciences in Turkey between 2005 and 2023 in terms of the number of samples, number of cameras, image refresh frequency of the cameras, analysis method (kinetic or kinematic), dimension of the evaluation (two or three dimensions) and software variables used. The research was conducted using document review, which is one of the qualitative research methods. Scientific studies on motion analysis conducted in the field of health and sports sciences in Turkey between 2004-2023 were included in the research. YÖK thesis database was used to determine master's and doctoral theses, and Ulakbim and Google Academic search engines were used to identify articles. These databases were searched using the keywords "motion analysis", "biomechanics", "kinematics" and "kinetics". Since the number of theses and articles subject to the study was limited, it was aimed to reach the entire universe without taking a sample. A total of 96 scientific studies were included in the research, 30 of which were postgraduate theses and 66 were articles. As a result of the study, it was determined that 1 and 10 sample studies were most frequently conducted in the field of motion analysis (%9.4; n:9), 2 cameras were generally preferred (%28.1; n:27) and cameras with 100 Hz image refresh frequency were most commonly used (%32.3; n:31). It was also determined that kinematic analyses were performed more frequently than kinetic analyses in motion analysis studies (%55.2; n:53), 3D analyses were mostly performed (%72.9; n:70) and SIMI Motion (%27.1; n:26) and Kinovea (%12.5; n:12) software were most frequently used in these analyses. As a result of the study, it is thought that more research is needed in the field of motion analysis using new technologies and methods. It is recommended that researchers conduct studies that evaluate both kinetic and kinematic data using a more cameras and include larger sample groups.

Keywords: Motion analysis, Biomechanics, Kinematics, SIMI Motion, Kinovea

GİRİŞ

Hareket analizi, bireylerin belirli bir süre boyunca gerçekleştirdiği hareketlerin detaylı bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesi işlemidir. Bu analiz yöntemiyle, sağlıkla ilgili parametreler ölçülerek performansın geliştirilmesi ve sağlığın korunması amaçlanır (Dönmez, Ak, Ödek, Özbek ve Korkusuz, 2014). Hareket analizleri; sağlık, spor, ergonomi ve sanal gerçeklik başta olmak üzere birçok ticari ve bilimsel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Şener ve Erbahçeci, 2016).

Hareket analizleri kinetik ve kinematik olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilir. Kinematik; bir cismin hareketini, pozisyonunu, hızını, ivmesini ve konumsal bilgilerini analiz eden dinamiğin bir bölümüdür. Kinematik analizlerde harekete neden olan kuvvetlerden bağımsız olarak hareketin kendisi tanımlanır (Winter, 2009). Bu analizlerde hareketin sebep ve etkileri göz önüne alınmadan uzaysal ve zamansal bir perspektiften hareketin özellikleri değerlendirilir (Hamill, Knutzen ve Derrick, 2013). Hareket analizlerinde kullanılan diğer bir yöntem ise kinetik analizlerdir. Kinetik, insan vücudu veya herhangi bir sisteme etki eden kuvvetleri inceleyen bilim dalıdır. Kinetik analizlerde eklem momentleri, yer ve eklem reaksiyon kuvvetleri gibi hareketin oluşmasına neden olan veya hareket sonucu oluşan kuvvetler değerlendirilir (Winter, 2009).

Hareket analizlerinde veriler görsel analiz yöntemleriyle elde edilir. Nitel ve nicel olmak üzere iki farklı görsel analiz yöntemi mevcuttur (Pueo, 2016). Hareketin nitel analizi gözlemcinin öznel değerlendirmelerine dayanırken, nicel analizde video kayıtları yoluyla hareketler analiz edilir (Bartlett, 2007; Challis, 2007). Nicel kinematik analizler iki farklı yöntemle gerçekleştirilir. Bu yöntemlerden biri olan video tabanlı ölçümlerde yüksek hızlı kameralar kullanılarak hareketler kaydedilir (Pueo, 2016).

Video tabanlı ölçümlerde kullanılan kameralar, analiz edilecek hareketin hızına ve karmaşıklığına göre belirlenir. Kameranın hızı, saniyede yakaladığı örneklem (kare) sayısı ile ifade edilir. Kameranın hızı ne kadar yüksekse, hareketlerin incelenmesi de o kadar detaylı bir şekilde olur. Son zamanlarda, hareket analizi çalışmalarında yüksek hızlarda kayıt yapabilen kameralar kullanılabilmektedir (Meriç, 2003).

Hareket analizi çalışmalarında kullanılan kamera sayısı, değerlendirilen hareketin niteliğine, kapsamına ve hareketin gerçekleştirildiği alana bağlı olarak değişir. Hareketin karmaşıklığı, inceliği ve hareket alanı arttıkça daha fazla kameraya ihtiyaç duyulur. Bir hareketin iki boyutlu analizinde tek kamera yeterli olurken, hareketin üç boyutlu analizinin yapılabilmesi için, eş zamanlı en az iki farklı kamera görüntüsüne gereksinim vardır (Dönmez vd., 2014; Pueo, 2016).

Hareket analizleri iki veya üç boyutlu olarak yapılabilir. Her iki analiz yönteminin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Üç boyutlu analizlerde hareketler üç boyutlu uzayda tam ve kapsamlı olarak değerlendirilebilirken; iki boyutlu analizlerde hareketin değerlendirilmesi için daha az kamera ve donanıma ihtiyaç duyulur (Bartlett, 2007).

Hareket analizlerinin hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için, hareket verilerinin yazılımlar aracılığıyla işlenmesi ve sayısallaştırılması gerekir (Nunes, Moreira ve Tavares, 2016). Bu süreçleri bir arada bulunduran birçok hareket analiz yazılımı bulunmaktadır. Bu

yazılımların bazıları yalnızca kinematik, bazıları ise hem kinetik hem de kinematik analizlerin gerçekleştirilmesine olanak tanır. Hareket analizi yazılımlarının en popülerleri BTS Smart DX, Dartfish, SIMM, APAS, AnyBody Modeling System, Visual3D, ViconMotus 2D/3D, OpenSim, Qualisys, Tracker, WINalyze, SkillSpector, Kinovea, MaxTRAQ ve SIMI motion olarak sıralanabilir (Aktürk, 2023).

Literatürde hareket analizi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmalarda kullanılan örneklem sayıları, ekipman özellikleri ve analiz yöntemlerinin çeşitlilik gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca literatürde hareket analizi alanındaki çalışmaları değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tüm bu bilgiler ışığında, bu çalışmada 2005-2023 yılları arasında Türkiye’de sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analiziyle ilgili bilimsel araştırmaların; örneklem sayısı, kamera sayısı, kameraların görüntü yenileme frekansı, analiz yöntemi (kinetik ya da kinematik), değerlendirmenin boyutu (iki ya da üç boyut) ve kullanılan yazılım değişkenleri açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, hareket analiziyle ilgilenen diğer araştırmacılara fikir vermesi, yapılan çalışmaları değerlendirme imkanı sunması ve alandaki ihtiyaçlar ile eksikliklerin farkına varılarak gelecekteki çalışmalara yön verilmesi açısından önem taşımaktadır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma nitel araştırma yöntemlerinden biri olan belge (doküman) incelemesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Doküman incelemesi, araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgi içeren yazılı materyallerin analizini kapsar. Nitel araştırmalarda doküman incelenmesi tek başına bir veri toplama yöntemi olabileceği gibi diğer veri toplama yöntemleriyle de birlikte kullanılabilir (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Çalışma Grubu

Araştırmaya 2005-2023 yılları arasında Türkiye’de sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analizine yönelik bilimsel çalışmalar dahil edilmiştir. Yüksek lisans ve doktora tezlerini belirlemek için YÖK tez veri tabanı, makaleleri belirlemek için ise Ulakbim ve Google Akademik arama motorları kullanılmıştır. Bu veri tabanlarında ‘‘hareket analizi’’, ‘‘biyomekanik’’, ‘‘kinematik’’ ve ‘‘kinetik’’ anahtar kelimeleri kullanılarak taramalar yapılmıştır. Çalışmaya konu olan tez ve makale sayısı sınırlı olduğundan örneklem alınmayarak evrenin tamamına ulaşılması hedeflenmiştir. Araştırmaya 30’u lisanüstü tez ve 66’sı makale olmak üzere toplam 96 bilimsel araştırma dahil edilmiştir.

Verilerin Analizi

Hareket analizi alanında yapılan bilimsel araştırmaları incelemek amacıyla araştırmacı tarafından analiz tablosu hazırlanmıştır. Belirlenen bilimsel araştırmalar detaylı bir şekilde incelenmiş ve örneklem sayısı, kullanılan kameraların sayısı ve görüntü yenileme frekansları, yapılan analiz türü, değerlendirmenin boyutu ve kullanılan yazılım kriterlerine göre kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler çerçevesinde ilgili veriler, Microsoft Excel’de hazırlanan tabloya işlenmiş ve kaydedilmiştir.

Elde edilen verilerin analizinde SPSS 24 istatistik paket programı kullanılmıştır. Bulgulara ilişkin veriler tanımlayıcı istatistik yöntemlerinden olan yüzde (%) ve frekans (n) analizi kullanılarak tablo şeklinde sunulmuştur.

BULGULAR

2005-2023 yılları arasında Türkiye’de sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analizi çalışmalarının örneklem sayılarına göre dağılımı Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, çalışmalarda kullanılan örneklem sayılarının 1 ile 120 arasında değiştiği ve en sık %9,4 (n=9) oranıyla 1 ve 10 örneklemlerle çalışmaların yapıldığı belirlenmiştir.

Tablo 1. 2005-2023 yılları arasında yapılan çalışmaların örneklem sayılarına göre dağılımı

Örneklem Büyüklüğü	N	%
1	9	9,4
3	2	2,1
4	2	2,1
5	6	6,3
7	5	5,2
8	8	8,3
9	2	2,1
10	9	9,4
11	2	2,1
12	9	9,4
13	3	3,1
14	2	2,1
15	8	8,3
16	2	2,1
17	2	2,1
18	2	2,1
19	3	3,1
20	3	3,1
23	2	2,1
24	5	5,2
25	1	1,0
26	1	1,0
29	2	2,1
30	2	2,1
40	1	1,0
80	1	1,0
90	1	1,0
120	1	1,0
Toplam	96	100,0

Hareket analizine yönelik yapılan çalışmaların kullanılan kamera sayısına göre dağılımı Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, çalışmalarda kullanılan kamera sayılarının 1 ile 22 arasında değiştiği ve en sık %28,1 (n=27) oranıyla iki kameranın kullanıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 2: Yapılan çalışmaların kullanılan kamera sayılarına göre dağılımı

Kamera sayısı	N	%
1	23	24,0
2	27	28,1
3	11	11,5
4	14	14,6
5	1	1,0
6	1	1,0
7	1	1,0
8	5	5,2
9	5	5,2
10	4	4,2
12	3	3,1
22	1	1,0
Toplam	96	100

Hareket analizine yönelik yapılan çalışmalarda kullanılan kameraların görüntü yakalama frekanslarına göre dağılımı Tablo 3'te gösterilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde, çalışmalarda kullanılan kameraların görüntü yenileme frekanslarının 15 ile 500 Hz arasında değiştiği ve en sık %32,3 (n=31) oranıyla 100 Hz'lik görüntü yenileme frekansının kullanıldığı görülmüştür.

Tablo 3: Yapılan çalışmalarda kullanılan kameraların görüntü yenileme frekanslarının dağılımı

Kamera frekansı (Hz)	N	%
15	2	2,1
25	7	7,3
30	8	8,3
50	2	2,1
60	10	10,4
75	1	1,0
80	1	1,0
100	31	32,3
120	7	7,3
200	8	8,3
240	11	11,5
250	2	2,1
420	1	1,0
500	5	5,2
Toplam	96	100,0

Hareket analizine yönelik yapılan çalışmaların analiz türüne göre dağılımı Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, çalışmaların %55,2'sinde (n:53) kinematik, %44,8'inde ise (43) hem kinetik hem de kinematik analizlerin yapıldığı saptanmıştır.

Tablo 4: Yapılan çalışmalarda kullanılan analiz türü

Analiz türü	N	%
Kinematik	53	55,2
Kinetik ve kinematik	43	44,8
Toplam	96	100,0

Hareket analizine yönelik yapılan çalışmaların boyutlarına göre dağılımı Tablo 5'te gösterilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde, çalışmaların %27,1'inde (n:26) iki boyutlu, %72,9'unda (n:70) ise üç boyutlu analiz yapıldığı tespit edilmiştir.

Tablo 5: Yapılan çalışmaların boyutlarına göre dağılımı

Boyut	N	%
2 Boyut	26	27,1
3 Boyut	70	72,9
Toplam	96	100,0

Yapılan çalışmaların kullanılan hareket analizi yazılımına göre dağılımı Tablo 6'da gösterilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde, çalışmalarda en sık %27,1 (n=26) oranıyla SIMI Motion ve %12,5 (n=12) oranıyla Kinovea yazılımlarının kullanıldığı belirlenmiştir.

Tablo 6: Yapılan çalışmalarda kullanılan yazılımların dağılımı

Kullanılan yazılım	N	%
APAS	6	6,3
BTS	1	1,0
Dartfish	4	4,2
HUBAG	5	5,2
Kinovea	12	12,5
Opensim	4	4,2
Pictran	3	3,1
Qualisys	10	10,4
SIMI Motion	26	27,1
Simülink	5	5,2
Skillspector	5	5,2
Tracker	4	4,2
Vicon	8	8,3
Visual 3D	1	1,0
WINalyze	2	2,1
Toplam	96	100

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, 2005-2023 yılları arasında Türkiye'de sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analiziyle ilgili bilimsel araştırmaların; örneklem sayısı, kullanılan kameraların sayısı ve görüntü yenileme frekansları, çalışmada yapılan analiz yöntemi, değerlendirmenin boyutu ve kullanılan yazılım değişkenleri açısından incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde, hareket analizi alanında en sık 1 ve 10 örneklemlerle çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Ulusal çalışmaların yanı sıra, uluslararası literatürdeki hareket analizi araştırmalarında da genellikle düşük örneklem sayılarına rastlanmaktadır (Richards, Thewlis, Selfe, Cunningham ve Hayes, 2008; Comfort, Jones, Smith ve Herrington, 2015). Hareket analizi çalışmalarının çok aşamalı ve uğraş gerektiren süreçler içermesi, bu araştırmalardaki örneklem sayılarının düşük olmasının nedeni olabilir.

Hareket analizi çalışmalarında kamera sayısı arttıkça harekete ait hata oranı azalmaktadır (Pueo, 2016). Çalışmamız sonucunda hareket analizi araştırmalarında en sık 2 kameranın kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan kameraların maliyetli olması, araştırmacıları daha az sayıda kamera kullanımına yöneltmiş olabilir. Ayrıca, araştırmalarda analiz edilen hareketlerin kaba motor hareketler olması ve bu hareketlerin dar bir alanda gerçekleştirilmiş olması, bu sonucu oluşturmuş olabilir.

Hareket analizlerinde değerlendirilen hareketin hızına bağlı olarak kameraların görüntü yenileme frekansları ayarlanır. Kameranın görüntü yenileme frekansı arttıkça hızlı hareketlerin detaylı ve doğru analizi kolaylaşır (Dönmez vd., 2014). Çalışmamız sonucunda hareket analizi araştırmalarında en sık 100 Hz'lik görüntü yenileme frekansının tercih edildiği tespit edilmiştir. Bu sonuç, çalışmalarda araştırmacıların hızlı hareketleri analiz edebilecek kamera donanımlarına sahip olduğunu göstermektedir.

Hareketin kinematik analizinde kamera sistemleri yeterli olurken, kinetik analizler için bu sistemlere ek olarak kuvvet platformu, EMG ve dinamometre gibi ilave cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır (Yavuzer, 2007). Ancak bu ilave cihazlar pahalıdır ve kullanımları belirli bir tecrübe gerektirir. Çalışmamız sonucunda, hareket analizi araştırmalarında kinematik analizlerin kinetik analizlere göre daha fazla gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durum, araştırmacıların kinetik analizlerde kullanılan cihazlara ulaşmada yaşadığı zorluktan kaynaklanabilir. Ayrıca, kinetik analizlerin kinematik analizlere göre daha fazla bilgi ve beceri gerektirmesi bu sonucu oluşturmuş olabilir.

Doğru ve kapsamlı bir hareket analizi için hareketlerin iki boyutlu yerine üç boyutlu olarak incelenmesi gerekir. Escamilla ve ark. (2000), sagittal düzlemde gerçekleştirilen iki boyutlu hareket analizleri sırasında, eklemlerin frontal ve transvers düzlemlerdeki hareketlerinin artmasıyla analizlerin hata payının arttığını belirtmiştir. Çalışmamız sonucunda, hareket analizi araştırmalarında üç boyutlu analizlerin iki boyutlu analizlere göre daha çok tercih edildiği görülmüştür. Bu sonuç hareket analizi çalışmalarında alınan verilerin doğruluğunu arttırmakta ve tüm düzlemlerdeki hareketlerin değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Üç boyutlu analizler için en az 2 kamera gereklidir. Buna bağlı olarak incelenen hareket analizi çalışmalarının %76'sında birden fazla kameranın kullanılması, araştırmacıların 3 boyutlu analiz yapma imkanını artırmış olabilir.

Hareket analizi çalışmalarında değerlendirilen hareketin özelliğine ve yapılan analiz türüne göre farklı yazılımlar kullanılabilir. Bu yazılımların bazıları ticari bazıları ise bilimsel amaçlar için geliştirilmiştir. Çalışmamız sonucunda hareket analizi araştırmalarında en sık SIMI Motion, ardından Kinovea yazılımlarının kullanıldığı belirlenmiştir. SIMI Motion ve Kinovea yazılımlarının açık kaynaklı, ücretsiz ve kullanımlarının kolay olması, araştırmacılar tarafından daha fazla tercih edilmelerini sağlamış olabilir.

Çalışmamız 2005-2023 yılları arasında sağlık ve spor bilimleri alanında yapılan hareket analiziyle ilgili bilimsel araştırmaları inceleyerek, bu konuda yapılacak bilimsel çalışmalara yön vermesi açısından önemli bir yere sahiptir. Çalışmada, hareket analizi araştırmalarında en sık 1 ve 10 örneklemlili grupların tercih edildiği, en yaygın 100 Hz görüntü yenileme frekansına sahip kameraların kullanıldığı, genellikle 2 kameranın tercih edildiği, kinematik analizlerin kinetik analizlere kıyasla daha fazla yapıldığı, çoğunlukla üç boyutlu analizlerin gerçekleştirildiği ve bu analizlerde en sık SIMI Motion ve Kinovea yazılımlarının kullanıldığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Son 18 yılda sağlık ve spor bilimleri alanında, hareket analiziyle ilgili 96 bilimsel araştırmanın yapıldığı göz önüne alındığında, bu alanda daha fazla araştırma yapılmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Özellikle yeni teknolojilerin ve yöntemlerin gelişmesiyle birlikte, hareket analizinin sağlık ve spor bilimlerindeki uygulamalarını daha derinlemesine

inceleyen çalışmaların artması, literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Araştırmacılara, daha fazla kamera kullanarak hem kinetik hem de kinematik verilerin değerlendirildiği ve daha büyük örneklem gruplarının yer aldığı çalışmalar yapmaları önerilmektedir. Bu tür araştırmalar, hareket analizindeki verilerin geçerliliğini ve güvenilirliğini artırarak, özellikle sağlık ve spor bilimleri alanında daha kapsamlı sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Aktürk, S. (2023). *İnsan uzuvlarındaki eklem momentlerinin derin öğrenme yöntemiyle video görüntüleri üzerinden tahmini* (Yülsek Lisans Tezi). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya.
- Bartlett, R. (2007). *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns* (2nd ed.) *Sports Biomechanics*. Taylor & Francis Group.
- Challis, M. J., Jull, G. J., Stanton, W. R. ve Welsh, M. K. (2007). Cyclic pneumatic soft-tissue compression enhances recovery following fracture of the distal radius: a randomised controlled trial. *The Australian journal of physiotherapy*, 53(4), 247–252.
- Comfort, P., Jones, P. A., Smith, L. C. ve Herrington, L. (2015). Joint kinetics and kinematics during common lower limb rehabilitation exercises. *Journal of Athletic Training*, 50(10), 1011–1018.
- Dönmez, G., Ak, E., Ödek, U., Özberk, N. ve Korkusuz, F. (2014). Sporda hareket analizi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği (TOTBİD) Dergisi*, 13(4), 369-380.
- Escamilla, R. F., Francisco, A. C., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Welch, C. M., Kayes, A. V., Speer, K.P. ve Andrews, J. R. (2000). A three-dimensional biomechanical analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(7), 1265-1275.
- Hamill, J., Knutzen, M. K., & Derrick, T. R. (2013). *Biomechanical Basis of Human Movement* (4th ed.). In Lippincott Williams & Wilkins.
- Meriç, B. (2003). *Farklı Spor Dallarındaki Yüksek Kol Atışı Tekniğinin Biyomekaniksel Analizi* (Doktora Tezi). Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Nunes, J. F., Moreira, P. M. ve Tavares, J. M. R. (2016). *Human motion analysis and simulation tools: a survey*. In *Handbook of research on computational simulation and modeling in engineering*. IGI Global.
- Pueo, B. (2016). High speed cameras for motion analysis in sports science. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(1), 53-73.
- Richards, J., Thewlis, D., Selfe, J., Cunningham, A., & Hayes, C. (2008). A biomechanical investigation of a single-limb squat: implications for lower extremity rehabilitation exercise. *Journal of athletic training*, 43(5), 477-482.
- Şener, F., ve Erbahçeci, F. (2016). *Kinezyoloji ve biyomekanik*. Ankara: Hipokrat Kitabevi.
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement* (4th ed.). John Wiley & sons.
- Yavuzer, G. (2007). The use of computerized gait analysis in the assessment of neuromusculoskeletal disorders. *Journal of physical medicine and rehabilitation sciences*, 10(2), 43-45.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (9. Baskı). Ankara: SeçkinYayıncılık.