



**FİZİK BİLİMİNDE YER ALAN KAVRAMLARIN SPOR BİLİMİYLE
İLİŞKİSİNİ BELİRLEME: BİR SİSTEMATİK DERLEME VE
BİBLİYOMETRİK ANALİZ ÇALIŞMASI**

Hazırlayan: Merve AKARAS

**Danışman: Prof. Dr. Gökhan ÇALIŞKAN
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

IĞDIR/2024

Her Hakkı Saklıdır

T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK BİLİMİNDE YER ALAN KAVRAMLARIN SPOR BİLİMİYLE
İLİŞKİSİNİ BELİRLEME: BİR SİSTEMATİK DERLEME VE
BİBLİYOMETRİK ANALİZ ÇALIŞMASI

MERVE AKARAS

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

IĞDIR/2024

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranışlar ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Merve AKARAS



ÖZET

FİZİK BİLİMİNDE YER ALAN KAVRAMLARIN SPOR BİLİMİYLE İLİŞKİSİNİ BELİRLEME: BİR SİSTEMATİK DERLEME VE BİBLİYOMETRİK ANALİZ ÇALIŞMASI

AKARAS, Merve

Yüksek Lisans Tezi

Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gökhan ÇALIŞKAN

Ağustos 2024, 170 Sayfa

Bu sistematik gözden geçirme ve bibliyometrik analiz, fizik ve spor bilimi arasındaki kesişimi incelemekte, aerodinamik, biyomekanik, nanoteknoloji, tork, açısal momentum, enerji ve denge gibi temel fiziksel prensiplere odaklanmaktadır. İnceleme, bu prensiplerin spor performansını nasıl artırabileceğini, sporcu eğitimini nasıl optimize edebileceğini ve yaralanmaları nasıl önleyebileceğini anlamayı amaçlamaktadır. Bibliyometrik yöntemler kullanılarak yapılan çalışma, araştırma trendlerini ve etkili katkıları belirleyerek fiziğin spor bilimlerine entegrasyonunda önemli ilerlemeleri ortaya koymaktadır. Çalışma, 2014'ten 2024'e kadar fizik ve spor arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalarda düzenli bir artış olduğunu vurgulamaktadır. Temel bulgular arasında, biyomekanikğin sporcu hareketlerini analizindeki rolü, aerodinamiğin bisiklet ve motor sporlarındaki etkisi ve nanoteknolojinin spor ekipmanları ve giysilerindeki yenilikçi uygulamaları yer almaktadır. Ayrıca, tork ve açısal momentum araştırmaları spor mekaniğine dair içgörüler sunarken, enerji araştırmaları spor tesisleri için sürdürülebilir güç çözümlerini vurgulamaktadır. Scopus ve Web of Science veritabanlarından toplanan 6172 makale, sistematik olarak 565 ilgili çalışmaya daraltılmıştır. Makaleler tematik alanlara ayrılmış ve atıf sayıları ve anahtar kelime trendleri gibi metrikler analiz edilmiştir. En çok atıf yapılan çalışmalar, sporlarındaki fiziksel kuvvetleri anlamada önemli katkılar sağlarken, giyilebilir teknoloji, yaralanma önleme ve performans optimizasyonundaki dikkate değer ilerlemeleri de göstermektedir.

Bibliyometrik analiz, temaları motor, niş, gelişen ve temel olarak kategorize ederek geniş bir gelişim gösteren alanlar ve daha fazla keşif gerektiren alanları işaretlemektedir. Gelişen temalar, spor uygulamalarında 3D baskı malzemeleri ve kablolu güç gibi ileri teknolojilerin entegrasyonuna olan artan ilgiyi önermektedir. Bu araştırma, fiziksel prensiplerin spor bilimi üzerindeki önemini vurgulamakta ve mevcut trendlerin ve gelecekteki yönelimlerin kapsamlı bir özetini sunmaktadır. Bulgular, fiziğin spor bilimini nasıl yenileyip geliştirebileceğini ve sporcuların performansını ve güvenli spor ortamlarını nasıl iyileştirebileceğini keşfetmek için bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fizik ve Spor Bilimleri, Biyomekanik, Aerodinamik, Nanoteknoloji, Bibliyometrik Analiz, Sistematik Derleme.

ABSTRACT

DETERMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CONCEPTS IN PHYSICS AND SPORTS SCIENCE: A SYSTEMATIC REVIEW AND BIBLIOMETRIC ANALYSIS

AKARAS, Merve

Master's Thesis

Department of Physical Education and Sports

Thesis Advisor: Prof. Dr. Gökhan ÇALIŞKAN

August 2024, 170 Page

This systematic review and bibliometric analysis explores the intersection of physics and sports science, focusing on fundamental physical principles such as aerodynamics, biomechanics, nanotechnology, torque, angular momentum, energy, and balance. The review aims to understand how these principles enhance sports performance, optimize athlete training, and prevent injuries. By employing bibliometric methods, the study identifies research trends and influential contributions, revealing significant advancements in the integration of physics into sports science. The study highlights the steady increase in research exploring the relationship between physics and sports, particularly from 2014 to 2024. Key findings include the role of biomechanics in analyzing athlete movements, the impact of aerodynamics on cycling and motor sports, and the innovative applications of nanotechnology in sports equipment and apparel. Additionally, torque and angular momentum studies provide insights into sports mechanics, while energy research emphasizes sustainable power solutions for sports facilities. Data collected from Scopus and Web of Science databases included 6172 articles, systematically narrowed to 565 relevant studies. Articles were categorized into thematic areas, and metrics such as citation counts and keyword trends were analyzed. Top-cited studies revealed significant contributions to understanding physical forces in sports, with notable advancements in wearable technology, injury prevention, and performance optimization.

The bibliometric analysis categorized themes into motor, niche, emerging, and basic, indicating areas of extensive development and those requiring further exploration. Emerging themes suggest a growing interest in integrating advanced technologies like 3D-printed materials and wireless power in sports applications. This research underscores the importance of physical principles in sports science, providing a comprehensive overview of current trends and future directions. The findings serve as a foundation for further exploration of how physics can continue to innovate and improve sports science, contributing to enhanced athlete performance and safer sporting environments.

Keywords: Physics and Sports Sciences, Biomechanics, Aerodynamics, Nanotechnology, Bibliometric Analysis, Systematic Review.

TEŞEKKÜR

Yıllar içinde emek ve özveriyle yürüttüğüm yüksek lisans tezimin nihayet tamamlanmış olmasının heyecanını ve gururunu yaşıyorum. Bu sürecin her aşamasında bilgi, deneyim ve hoşgörüsüyle bana rehberlik eden, zor zamanlarımda kendime olan inancımı kaybettiğimde yeniden kazanmamı sağlayan, kıymetli fikirleriyle yolumu aydınlatan, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Gökhan ÇALIŞKAN'a en derin teşekkürlerimi sunarım.

Motivasyonumu her zaman en üst seviyede tutan, bana ve çocuklarıma gösterdiği samimi sevgisiyle içimi ısıtan, bir abla sıcaklığıyla yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Ufuk ÇALIŞKAN'a teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana olan inançları ve destekleriyle her zaman arkamda olduklarını hissettiren, güvenlerini ve sevgilerini esirgemeyen, başta sevgili anneannem, annem ve babam olmak üzere, tüm aile üyelerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Özellikle, sporcu kimliğiyle bu tez çalışmamı en çok destekleyen maalesef bitirdiğimi göremeyen, ruhu her daim yanı başımda olan, beni büyüten sevgili dedem Faruk ORDUKAYA'yı sevgi ve rahmetle anıyorum.

Bu zorlu süreçte yoğun ilgi ve desteğiyle her an yanımda olan, sabrıyla bana güç veren, her zaman çocuklarıma ve bana yardımcı olan hayat arkadaşım, eşim Muhammed AKARAS'a yürekten teşekkür ediyorum. Enerjileri ve gülücükleriyle yaşam kaynağım olan, her daim anlayışlı olan ikiz kızlarım Noya Naz, Asel Nil ve oğlum Meriç Aras AKARAS'a da sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu süreçte karşılaştığım tüm engellere rağmen azimle ilerlemeyi başaran, pes etmeyen ve sonunda bu çalışmayı tamamlayan kendime de teşekkür ediyorum. Bu yolculuk, kendime olan inancımı ve sabrımı test ederken, aynı zamanda bana ne kadar güçlü olduğumu da öğretti.

Son olarak hayatımda anlam ifade eden, her biri benim için çok değerli olan sevdiklerimin desteği ve teşviki, bu süreci çok daha anlamlı ve akıcı kıldı. Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tüm sevdiklerime en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Merve AKARAS

İĞDIR/2024

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. FİZİK VE SPOR BİLİMİ İLİŞKİSİ	3
2.1. Fizik Bilimi Perspektifinden Spor Bilimi	3
3. FİZİK BİLİMİNİN ALT BAŞLIKLARI.....	6
3.1.Nanoteknoloji	6
3.2. Aerodinamik.....	18
3.3.Denge.....	25
3.4.Kuvvet	30
3.5.Enerji	36
3.6.Tork ve Açısal Momentum.....	39
3.7.Biyomekanik	42
4. YÖNTEM.....	50
4.1. Araştırmanın Modeli	50
4.2. Etki Faktörü Analizi Yöntemi	52
4.3. Evren Örneklem	53
4.3.1. Problem Cümlesi	54
4.3.2. Alt Problemler	54
4.4. Veri Toplama Süreci	55
4.4.1.Dâhil Etme ve Dışlama Kriterleri	55
4.5.Araştırmanın Veri Kaynağı	58
4.6.Tarama Stratejisi.....	58

4.7.Verilerin Analizi.....	60
4.8.Verilerin Geçerlik ve Güvenirliği.....	60
4.8.1.Güvenirlik.....	61
4.8.2.Geçerlik.....	62
5. BULGULAR.....	64
5.1.İncelenen Makalelerin Betimsel Özellikleri.....	64
5.2. Nanoteknoloji ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri .	64
5.3.Aerodinamik ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri	71
5.4. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri	78
5.5. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri	85
5.6.Enerji ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri	91
5.7.Kuvvet ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri	97
5.8. Biyomekanik ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri	104
5.9. Makalelerin İçerik Analizi.....	110
5.10. Nanoteknoloji	111
5.11. Aerodinamik.....	114
5.12. Tork ve Açısal Momentum.....	119
5.13. Denge.....	122
5.14.Enerji	128
5.15. Kuvvet	131
5.16. Biyomekanik	136
6. TARTIŞMA	140
7. SONUÇ.....	148
6.1. Sınırlılıklar.....	150
6.2. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler	151
KAYNAKÇA	153
ÖZGEÇMİŞ.....	171

KISALTMALAR DİZİNİ

3D	3 Boyutlu
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscopy)
AMSTAR	A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews
AYY	Aktif Aerodinamik Yüzeyler
Bibliometrix	R programı için geliştirilmiş bir paket, bibliyometrik verileri analiz etme yöntemi
BMC	Bicycle Manufacturing Co.
C60-CNTs	Karbon Nanotüpler
CASP	Critical Appraisal Skills Programme
CFD	Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)
CHP	Kombine ısı ve güç sistemleri (Combined Heat and Power)
COM	Center of Mass
COP	Center of Pressure
$F = m * a$	Kuvvet formülü, Newton'un ikinci yasasını temsil eder, bir cismin kütlesi (m) ve ivmesi (a) ile ilişkili olarak kuvveti (F) tanımlar
FIA	Uluslararası Otomobil Federasyonu (Fédération Internationale de l'Automobile)
FINA	Uluslararası Yüzme Federasyonu (Fédération Internationale de Natation)
IEEE	Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
JBİ-QARI	Joanna Briggs Institute - Qualitative Assessment and Review Instrument
LZR	LZR Racer, özel bir yüzme kıyafeti markası
MESH	Medical Subject Headings
NASA	National Aeronautics and Space Administration
Newton	Kuvvet birimi
PMSM	Sabit mıknatıslı senkron makineler (Permanent Magnet Synchronous Machines)

PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
PVT	Hibrit fotovoltaik-termal sistemler
R	R Programlama Dili
Re	Reynolds Sayısı
ROBIS	Risk of Bias in Systematic Reviews
Scopus	Elsevier tarafından sağlanan veri tabanı
SNP	Selüloz Nanopartiküller (Substance Nanoparticles)
SNPs	Silika Nanopartiküller
SUV	Spor hizmet araçları (Sport Utility Vehicle)
T.C	Türkiye Cumhuriyeti
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
WADA	Dünya Dopingle Mücadele Ajansı (World Anti-Doping Agency)
WoS	Web of Science
YGDT	Yıldız Gezi Denge Testi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. 2008 Pekin Olimpiyatlarında Jeremy Wariner’ın kullandığı ayakkabı tabanı	8
Şekil 2. Fullerene C60 Modeli	12
Şekil 3. Altıgen Dizilimdeki Karbonlardan Oluşan Tek Katman Grafit Görünümü	13
Şekil 4. Grafen Teknolojisinin sporda uygulama alanları	14
Şekil 5. 400 metre finalinden bir görünüm	15
Şekil 6. Zion Williams’ın Nike ayakkabısının yırtılması sonucu sakatlandığı an, 2019	15
Şekil 7. Grant Williams’ın ayakkabısının patlaması Nike firmasına 1.1 Milyar dolara mal oldu, 2019.....	16
Şekil 8. Amerikalı bisikletçi Greg Lemond’ un aerodinamik bisikleti ile farklı zaferi, 1989.....	20
Şekil 9. Lotus Type marka bisiklet farklı pedal tasarımı, hava direncini azaltan, tek parça ve karbon lif dış yüzeyi ile uzun zaman sonra Britanya’ ya madalya kazandıran aerodinamik bisiklet, 2016.....	21
Şekil 10. Bisiklet sürüş modelleri	21
Şekil 11. FIFA Dünya Kupası toplarının 2002’ den 2018’ e dönüşümü.	25
Şekil 12. Chang W. Lee/The New York Times	28
Şekil 13. Leonardo Da Vinci’nin De Figura Humana’da mekanik felsefe ile insan anatomisi çalışması (https://www.sanatinoykusu.com/leonardo-da-vinci/)	44
Şekil 14. Biyomekaniğin babası kabul edilen Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679)..	45
Şekil 15. Yapay zeka ile gelişen spor teknolojisi	46
Şekil 16: Dağınık PRISMA (2020) Akış Şeması	57
Şekil 17. “Nanoteknoloji” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi.....	64
Şekil 18. “Nanoteknoloji” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları	66
Şekil 19. “Nanoteknoloji” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu	68
Şekil 20. “Nanoteknoloji” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler.....	69
Şekil 21. “Nanoteknoloji” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)	70
Şekil 22. “Aerodinamik” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi.....	71

Şekil 23. “Aerodinamik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları.....	72
Şekil 24. “Aerodinamik” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu	74
Şekil 25. “Aerodinamik” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler.....	75
Şekil 26. “Aerodinamik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası).....	77
Şekil 27. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi	78
Şekil 28. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları.....	79
Şekil 29. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu	82
Şekil 30. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler.....	83
Şekil 31. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)	84
Şekil 32. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi	85
Şekil 33. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları.....	86
Şekil 34. . “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu	88
Şekil 35. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler.....	89
Şekil 36. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)	90
Şekil 37. “Enerji” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi.....	91
Şekil 38. “Enerji” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları	92
Şekil 39. “Enerji” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu.....	94
Şekil 40. “Enerji” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler	95
Şekil 41. “Enerji” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası).....	96
Şekil 42. “Kuvvet” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi.....	97

Şekil 43. “Kuvvet” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları	98
Şekil 44. “Kuvvet” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu.....	100
Şekil 45. “Kuvvet” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler	101
Şekil 46. “Kuvvet” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası).....	103
Şekil 47. “Biyomekanik” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi.....	104
Şekil 48. “Biyomekanik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları	105
Şekil 49. “Biyomekanik” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu	107
Şekil 50. “Biyomekanik” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler.....	108
Şekil 51. “Biyomekanik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası).....	109

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Çalışmanın Evren ve Örneklem Dağılımı	55
Tablo 2. Taramada Kullanılan Anahtar Kelimeler	59
Tablo 3. “Nanoteknoloji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	71
Tablo 4. “Aerodinamik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	77
Tablo 5. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	84
Tablo 6. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	91
Tablo 7. “Enerji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	97
Tablo 8. “Kuvvet” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları ...	104
Tablo 9. “Biyomekanik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	110
Tablo 10. “Nanoteknoloji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	111
Tablo 11. “Aerodinamik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	114
Tablo 12. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	119
Tablo 13. “Denge” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları...	122
Tablo 14. “Enerji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları ...	128
Tablo 15. “Kuvvet” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları .	131
Tablo 16. “Biyomekanik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları	136

1. GİRİŞ

Spor bilimleri araştırmaları incelendiğinde, fizik bilimi konularının sınırlı düzeyde çalışıldığı, daha çok biyomekanik ve malzeme bilimi (nanoteknoloji) üzerine çalışmalar yapıldığı söylenebilir (Spathopoulos, 2013). Oysa evrenin en gizli sırlarını açıklayan, doğadaki tüm olayları aydınlatıcı bilgilere sahip olan fizik biliminin, spor bilimi içerisindeki tüm olayları ortaya koyabilecek güçte kuram ve yasalara sahip olduğu düşünöldüğünde, biyomekanik ve nanoteknoloji konuları dışında da literatüre çok katkı sağlayacağı aşıkârdır (Frohlich, 2011; Rajput vd., 2019).

Sporun en önemli organizasyonu olan olimpiyatların kurucusu Pierre de Coubertin'in önerisiyle sloganlaşan ve bu dev organizasyona bambaşka bir anlam kazandıran Latince üç sözcük "Citius, Altius, Fortius" yani "daha hızlı, daha yüksek, daha güçlü" kavramlarının, araştırıldığında fizik biliminin en temel kavramları arasında olduğu görölebilir. Bu kavramların ve daha fazlasının fizik bilimi kullanılarak açıklanması sonucu, spor ve fizik ilişkisi güçlenerek bilime katkı sağlanmış olacaktır (Frohlich, 2011).

Örneğın, Penner (2001) çalışmasında, spor ve genel görelilik teorisinde yüzeyin eğriliğini ele alarak golf topunun maksimum uzaklığının dış bükey bir eğriliğe sahip olduğunu ve bu dış bükey eğriliğın hangi etkiye sebep olduğunu fizik kuralları çerçevesinde belirlemeyi amaçlamaktadır. Alam vd. (2019) ise sportif performans üzerinde aerodinamik, kaldırma kuvveti, konum, şekil gibi temel fizik kavramlarının etkisini araştırmıştır. Araştırmalarında, aerodinamik ve hidrodinamiğın çoğu sporda sonuca etkisinin göz ardı edilemeyecek kadar önemli olduğuna değinmişlerdir. Sporculara ve ekipmanlarına etki eden aerodinamik hız, şekil, konum ve kaldırma kuvveti gibi etkenler büyük ölçüde önem arz etmektedir. Bu çalışmada, futbol topu, bisiklet, kayakla atlama ve spor giysilerinin aerodinamik davranışına özel olarak odaklanılmıştır.

Frohlich (2011) çalışmasında, sporla ilişkili çözölememiş olayların fizik bilimi çerçevesinde açıklanarak araştırmalara katkı sağlamanın önemini vurgulamıştır. Spor bilimi literatüründe yukarıdaki çalışmalarda göröldüğü gibi bazı fizik kavramlarından bahsedilmiş olsa da, Frohlich'in (2011) belirttiğı gibi spor ile ilgili cevaplanamamış

bazı durumlara fizik bilimi araştırmaları ile yararlı açıklamalar getirilebilir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; spor bilimi içerisinde çok az vurgulanan genel gorelilik teorisi gibi fiziğın temel kuramlarının spor bilimi içerisinde fayda sağlayabilecek konuları açıklamasıdır.

Disiplinler arası bir alan olan spor biliminde temel fizik kuralları; hareket fiziğini anlamak, yaralanmaları onlemek, aerodinamik ekipman ve kıyafet geliştirmeye kadar birçok alanda etkili olmaktadır. Sporda, sporcunun performansını en st düzeye çıkarmak, sporcunun fizik ilkelerini faaliyet esnasında doğru kullanmasıyla yakından ilişkilidir. Öyle ki, spor malzemeleri, tekstil, kaplama, malzeme bilimi ve nanoteknoloji gibi farklı teknoloji alanları ve üretim sektörlerinde fizik bilimi, günlük hayatta önemli değişiklikler meydana getirmektedir (Demirkıran, 2019).

Spora; beceri, g ve teknik ile beraber fizik biliminin de çok büyük katkısı bulunmaktadır. Spor dallarından bisiklet, yüzme, tenis, uzun atlama, koşu ve daha birçoğunda fizik biliminin katkıları mevcuttur. Disk atıcılarının diski havada döndürmesi, bisiklet kullanan sporcuların kasklarının şekli, yüzücü mayoları, tenis raketleri fiziğın ilkeleri ve bunların spordaki etkileri ile açıklanabilmektedir (Rajput vd., 2019).

Fizik biliminde kullanılan ‘tork’, ‘açısal momentum’, ‘eylemsizlik momenti’, ‘iş ve enerji’, ‘kuvvet’, ‘hız’, ‘mekanik’, ‘sürtünme kuvveti’, ‘nanoteknoloji’, ‘aerodinamik’, ‘basınç’ vb. kavramlar sporda önemli rol oynamaktadır. Özellikle fiziğın en önemli konularından biri olan kuvvet kavramının her spor dalındaki sporcularla ilişkisi bulunmaktadır. Kuvvet, fizikte Newton’un hareket yasalarının temel unsurlarından biri olup, kuvvetler hareketin oluşmasını, devamlılığını ve durdurulmasını sağlamaktadır (Bal ve Bulgan, 2021).

Konuya yapılan kısa bir giriş ve bilgilendirmenin ardından spor ve fizik ayrı ayrı incelenecek, iki alanın birbirleriyle olan etkileşimleri her bir fizik alt dalı için analiz edilecektir.

2. FİZİK VE SPOR BİLİMİ İLİŞKİSİ

2.1. Fizik Bilimi Perspektifinden Spor Bilimi

Spor çok yönlü bir kavram olduğu için hakkında farklı tanım ve görüşler bulunmaktadır (Filiz, 2002). Bu çalışma için kullanılacak en önemli tanım, sporun fizik ile ilişkisini de destekler nitelikte olanıdır. Hareket halinde olmak, taşıma ve alıp götürme anlamında kullanılan spor, fizikteki birçok kavramla ilişkili bir kelimedir. Sporun çok yönlü birçok tanımından bahsedilmiş olsa da, İnalkaç ve Yaman (2021) çalışmalarında, “Hareket olgusu üzerine inşa edilen beden eğitimi ve sporun fiziksel aktiviteler içerdiği dikkate alınırsa, hareketin bu alandaki önemi ortaya çıkar” şeklinde belirttiği gibi, sporun hareket kavramıyla açıklanması büyük önem taşımaktadır. Çünkü hareket, hem beden eğitimi ve sporun tüm aşamalarını oluşturan hem de fizikte mekanik konusunun en önemli tanımlarından olan bir kavramdır. Zamanda ve mekânda yer değiştirme anlamına gelen hareket, fizikte çok çalışılan bir konu olmasının yanı sıra sporun ve oyunun her alanını içine almaktadır (İnalkaç ve Yaman, 2021).

Hareket ile açıklanan spor biliminin multidisipliner yapısı, fizik bilimi ile desteklenmektedir. Hayatımıza spor biyomekaniği olarak girmiş ve etkin bir şekilde çalışmaların sürdüğü bu alan, spor ve fiziğin iç içe olduğunu gösteren en önemli örnektir. Biyomekanik; canlının biyolojik yapısına etki eden hareket, kuvvet gibi değişkenlerin etkisini inceleyen bir bilim dalıdır. Her spor dalının kendine özgü hareket prensipleri vardır. Bu hareketleri biyomekanik sayesinde kontrollü yöneterek performans iyileştirme, teknik iyileştirme, yaralanma önleme ve rehabilitasyon sağlanmaktadır (Rajput vd., 2019).

Hem fizikte kullanılan hem de temel motorik kavramlardan olan dayanıklılık, sürat, kuvvet ve hareketlilik özellikleri spor sayesinde geliştirilebilmektedir (Sarıcı, 2019). Bunların bireyde gelişmesi, bireyin bedensel ve psikolojik sağlığının iyileşmesine fayda sağlarken; bireysel veya toplu olarak yapılan, belirli kurallar çerçevesinde gerçekleşen, rekabet ve kazanma duygusu aşılayan eğitici ve eğlendirici aktiviteler bütünü olan sporu daha etkili hale getirmiş olacaktır (Atasoy ve Kuter, 2005).

Fizik, madde ve enerji arasındaki ilişkiyi ele alan bir bilim dalıdır. Makro evrenden mikro evrene kadar doğa olaylarını ve nesnelerin birbirleriyle etkileşimlerini neden-sonuç ilişkisi içerisinde açıklayan; tıp, kimya, biyoloji, malzeme bilimi ve spor

endüstrisi gibi birçok bilimle yakından ilişkili olan fen bilimlerinin önemli bir dalıdır. Fiziğin diğer disiplinler içerisinde en çok ilişkili olduğu alan mühendislik ve teknolojidir. Fiziğin gelişimi teknolojiye katkı sağlarken, teknolojinin gelişimi de fiziğin gelişmesini sağlamaktadır. Gelişen teknoloji içerisinde spor sektöründe kullanılan araç-gereçler; sporcuların, antrenörlerin, eğitimcilerin antrenman, müsabaka ve eğitimlerde kullandıkları malzemeler; spor araştırmalarında kullanılan laboratuvar ve ölçüm aletleri ile birlikte spor salonları, stadyumlar ve tesisler bulunmaktadır. Bütün bu malzemeler, fiziğin alt dalı olan nanoteknolojinin katkılarıyla desteklenmektedir (Şentürk ve Özer, 2022).

Sporda karşılaşılan en önemli sorunlardan bazıları temizlik ve sterilizasyon olarak bilinmektedir. Günümüz şartlarında devam etmekte olan COVID-19 küresel salgınının etkileri, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hâlâ devam etmektedir. COVID-19 salgınına neden olan virüse karşı alınması gereken önlemlerden temizlik kavramı, sporcuyu ve spor endüstrisini yakından ilgilendirmektedir. Fizik bilimi kullanılarak, spor malzemelerinde nefes alabilen ve leke tutmayan yüzeyler geliştirilebilmektedir. Bu sayede enfeksiyon, kaşıntı, bakteri ve mantar oluşumunun önüne geçilebilecektir (Taylor, 2008). Spor sektöründe kullanılan malzemelerin; sporcuların ve antrenörlerin antrenman, müsabaka ve eğitimlerde kullandıkları malzemelerin; spor araştırmalarında kullanılan laboratuvar ve ölçüm aletleri ile birlikte spor salonları, stadyumlar ve tesislerinin döşemelerinin fiziğin alt dallarından nanoteknoloji ile bütünleştirilerek başarılı sonuçlar elde edilebilmesi beklenmektedir (Devecioğlu ve Altıngül, 2011).

Spor malzemelerinin daha dayanıklı, daha hafif ve daha uzun ömürlü olması sporda önemli bir konudur. Bahsedilen bu özelliklerin fizik alt dalı olan nanoteknoloji ve malzeme bilimi kullanılarak, nano boyutta çalışılması sonucu sporda kullanılan ürünlerde elde edilmesi sağlanabilmektedir. Bu durum, sporcunun, antrenörün ve spor kulübünün bu şekilde üretilmiş olan ürünleri tercih etmesini sağlayacaktır (Tüylek, 2016).

Sporun fizik ile ilişkisine bir diğer bakış açısı da şudur: Spor dallarının herhangi birinde performans gösterilirken fizik biliminden yararlanılması, sporcunun performansının artırılmasına ve müsabakalarda rakiplerine karşı avantaj sağlamasına yol

açmaktadır. Dolayısıyla spor dallarının ayrı ayrı fizik kavramları tarafından incelenmesi, spor başarısında önemli rol oynamaktadır. Örnek vermek gerekirse; fizikte akışkanlar mekaniği konularından aerodinamik, hava kuvvetlerinin nesneler üzerindeki etkisi olarak bilinmektedir. Bisiklet sporunda hava direnci ve sporcu pozisyonu gibi önemli kavramlar, aerodinamik ile desteklendiğinde, sporcunun hızı doğrudan artacağı için performansı olumlu etkilenecektir (Öztürk, 2021).

Bu çalışmada, fiziğin alt disiplinlerinin spor dallarındaki rolü ve performansı artırmak için yapılması gerekenler, fiziksel açıklamalara dayandırılarak betimlenecektir. Çalışmada yer alacak fiziğin alt dalları başlıca şunlardır: nanoteknoloji, biyomekanik, aerodinamik, kuvvet, enerji, tork ve açısal momentum.

3. FİZİK BİLİMİNİN ALT BAŞLIKLARI

3.1.Nanoteknoloji

Nanoteknoloji kavramı, her alanda hayatımızı etkileyecek gelişmeler sunmaktadır. Nanoteknoloji sayesinde maliyet düşürülerek daha fazla üretim imkânına ulaşılmaktadır. Ayrıca, daha az malzeme ve enerji kullanımı gerçekleşmektedir. Nanoteknoloji ile yaşamı kolaylaştıran ve yaşam kalitesini artırmada önemli rol oynayan (daha temiz, daha dayanıklı) malzeme üretimi de yapılmaktadır. Sağlıklı ve güvenli bir yaşam sunan çalışmalarıyla günümüzde dikkat çeken bir alan olan nanoteknoloji, aynı zamanda halen gelişimi devam eden bir bilim dalıdır (Türkmen ve Mutlutürk, 2014). Teknolojinin gelişim hızını artıran ve teknolojinin en verimli şekilde kullanılmasını sağlayan nanoteknoloji, multidisipliner bir yapıya sahiptir. Nanoteknoloji sayesinde yaşanan gelişmeler, sağlık, fizik, mühendislik, tıp, askeri, sanayi ve özellikle spor gibi alanları inanılmaz ölçüde etkilemiş ve sağlıklı yaşam ile başarıyı beraberinde getirmiştir. Bu önemli gelişmelere ayak uydurmak da kaçınılmazdır (Turgut vd., 2010).

Açık ve Güven (2012) çalışmalarında “Yakın bir gelecekte bir ülkenin nanoteknolojideki seviyesi, o ülkenin ekonomik gücünün bir simgesi olabilecektir.” şeklinde ifade etmiş, ayrıca ülkelerin nanoteknolojiye verdiği kaynak aktarımının da gün geçtikçe arttığını belirtmişlerdir.

Fiziğin alt dallarından olan nanoteknoloji, nano ve teknoloji kelimeleri ile oluşturulmuş bir bilim dalıdır. Nano, Yunanca “cüce” anlamına gelen ‘nanos’tan türetilmiştir. Nanometre ise kullanılan büyüklük ölçeğidir. Bir örnekle açıklamak gerekirse; insan saç telinin çapının yaklaşık olarak 100.000 nanometre olduğu düşünülürse, bahsedilen ölçek oldukça küçüktür. Bir nanometre, metrenin milyarda birini ifade etmektedir. Özel bir karşılaştırma ile; tenis topunun çapı bir nanometre iken, Dünya’nın çapı bir metre olarak ifade edilebilir. Nanoteknoloji; nano ölçekte malzemenin özel yöntem ve tekniklerle işlenmesi ve bu ölçeğin bazı temel özelliklerinden yararlanmayı ifade etmektedir (Ersöz vd., 2018).

Nano ölçekte, yani nanoteknoloji kullanılarak çalışıldığında, malzemelerin fiziksel özellikleri değişmektedir. Örneğin, nano ölçekte maddeler daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha ucuz, daha hafif, daha sert, kimyasal direnci daha yüksek ve yeni elektriksel özellikler kazanmış olmaktadır (Ersöz vd., 2018). Bu fiziksel

özelliklerinden faydalanarak; kozmetik ürünler, koruyucu kaplamalar, lekeye dayanıklı yüzeyler, tekstil ürünleri (su geçirmeyen, kırılmayan ve leke tutmayan giysiler), yüzey kaplamaları, antibakteriyel deterjan ve dezenfektanlar, nanorobotlar, kendi kendini temizleyen boyalar gibi birçok nano ürün üretilmektedir (Tüylek, 2017). Bütün bu malzemeler birçok disiplin ile nanoteknolojinin yollarını kesiştirmiştir. Diğer disiplinlerin yanı sıra önemli uygulamaları içinde barındıran spor endüstrisinde yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir.

Sporcuların performansını, ergonomisini ve sağlığını, öte yandan zemin mukavemetini ve temizliğini etkileyen döşemelerde nanoteknoloji uygulamaları kullanılmaktadır. Spor malzemelerinde nanoteknoloji kullanımı ile nefes alabilen ve leke tutmayan yüzeyler, kıyafetler ve malzemeler geliştirilebilmektedir. Bu sayede enfeksiyonun, kaşıntının, bakteri ve mantar oluşumunun önüne geçilebilecektir (Taylor, 2008). Bu şekilde, sporda karşılaşılan sorunlar fizik bilimi ve özellikle alt dalı olan nanoteknoloji sayesinde çözüme ulaştırılmaktadır. Örneğin, Speedo spor markası su tutmayan nanopartiküllerle kaplı LZR Racer yüzücü mayosu üretmiştir. Bu mayolar, su itici, kaldırma kuvveti artırıcı ve vücudu sıkıştırarak sürtünmeyi azaltan nanopartikül ve poliüretan panellerden oluşmaktadır (Şentürk ve Özer, 2022). Adidas markası, 400 metre koşucusu Jeremy Wariner için iki yıldan fazla süre Lone Star ayakkabısının kabrası üzerinde çalışmış olup, Dünya'nın ilk karbon nanotüple kuvvetlendirilmiş tabana sahip ayakkabısını tasarlamayı başarmıştır. Adidas'ın nanoteknoloji kullanarak tasarladığı ayakkabı, Jeremy Wariner'ın 2008 Olimpiyat Oyunları'nda gümüş madalya kazanmasına yardımcı olmuştur. Bu yeni ayakkabı, Wariner'a daha fazla denge, konfor, daha iyi güvenlik ve artan esneklik sağlarken enerji kaybını en aza indirmiştir. Ayakkabı, Wariner'a performansında belirgin bir artış sağlamış ve gümüş madalya kazanmasına yardımcı olmuştur (Taylor, 2008).



Şekil 1. 2008 Pekin Olimpiyatlarında Jeremy Wariner'ın kullandığı ayakkabı tabanı

(<https://nanoturkiye.blogspot.com/2008/08/karbon-nanotupler-ayakkabida.html>)

2008 Pekin Olimpiyatları'nda Michael Phelps'in rekor başarısında ve kırılan 168 dünya rekorunda, nanoteknolojik mayonun önemli derecede etkisi olduğu bilinmektedir. Michael Phelps, 2008 Pekin Olimpiyatları'nda kullanacağı mayo için NASA'dan yardım almıştır. Köpek balığı derisi model alınarak geliştirilen mayo için yüze yakın kumaşla deneme yapılmıştır. Köpek balığı derisinin önemi ise fizik kullanılarak açıklanabilmektedir. Köpek balığı derisinin özel bir yüzeye sahip olmasının en önemli sebebi, su içerisinde hareket ederken oluşan direnci en aza indirmesidir. Bu da daha az sürtünme direnci, daha düşük güç ile beraber daha hızlı yol almayı sağlamaktadır. Mayonun dikiş yerleri, lazerle birbirine tutturulmuştur. Lazerin sürtünme testleri ise NASA'nın uzay teknolojisinde kullandığı rüzgâr tünellerinde yapılmıştır (Şentürk ve Özer, 2022). Çok ince bir kumaştan üretilen bu mayo, suyu itme ve kas titremelerini azaltma özelliklerine sahiptir ve hidrodinamik çekimi %10 oranında azaltmaktadır (Türkmen ve Mutlutürk, 2014).

Nanopartiküller ile dayanıklılık, sertlik, su geçirmezlik, esneklik ve leke tutmama gibi özelliklere sahip spor malzemeleri üretilmektedir (Harifi ve Montazer, 2017). Tenis ve golf başta olmak üzere okçuluk, buz pateni, kayak, kızak, hokey, beyzbol, bowling, badminton, yelken, motor sporları, hız sporları, yarış tekneleri ve futbol gibi branşlarda nanoteknolojiden yararlanılmaktadır. Spor kıyafetleri, spor ayakkabıları, yüzücü mayosu, kramponlar, golf sopası ve topu, yoga ve egzersiz minderleri, badminton raketi, tenis raketi ve topu, beyzbol sopası, hokey sopası,

okçuluk malzemeleri, bisiklet malzemeleri, kayak takımları, kano ve yarış tekneleri üretiminde nanoteknolojiden yararlanılmakta, hatta hakemlerin kullandıkları bayraklar, kulaklıklar, düdükler birer teknoloji ürünü olarak sergilenmektedir (Türkmen ve Mutlutürk, 2014). Spor sektöründe kullanılan malzemelerin, sporcuların ve antrenörlerin antrenman, müsabaka ve eğitimlerde kullandıkları malzemelerin, spor araştırmalarında kullanılan laboratuvar ve ölçüm aletleri ile birlikte spor salonları, stadyumlar ve tesislerinin döşemelerinin üretilmesinde nanoteknoloji kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmesi beklenmektedir (Devecioğlu ve Altıngül, 2011).

Türkiye’de üretilen bazı nanoteknoloji ürünleri dünyaya öncülük edebilmektedir. 2009’da yapımı UNAM’da gerçekleştirilen ve Nano Today dergisinde yayınlanan çalışmada (Demirkıran, 2019); yara ve yanık nedeniyle hasar gören dokuların tedavisi için geliştirilen ve %99’u su, %1’i sentezlenen nano malzemeden oluşan jel kıvamındaki malzemenin, hasarlı bölgeye uygulandığında hasarın daha çabuk iyileşebildiği gösterilmiştir (Tozluoğlu vd., 2015).

Yıllar önce bir odayı tek başına dolduran bilgisayarlar, önce masa üstüne, ardından diz üstüne, şimdilerde ise cebe sığacak kadar küçülmüştür. Buradan anlaşılıyor ki, gelişmekte olan teknoloji nano ölçek ile birleştirildiğinde yaşam kalitesini ve standardını yükselten malzemeler ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle nanoteknoloji, bilim dünyasına toplu iğne başından bir milyon kat daha küçük bir ölçekte işleme ile yeni malzemeler ve ürünler oluşturma olanağı sağlamaktadır (Ayas, 2015). Örneğin; karbon nanotüpler (C60-CNTs), silika nanopartiküller (SNP’ler), nanokil fullerener vb. gibi nano yapılar sayesinde yüksek mukavemet, sertlik, dayanıklılık, azaltılmış ağırlık ve aşınma direnci gibi özellikler kazandırılarak sporcuların performanslarını artırmak için yeni spor malzemeleri ve ekipmanları üretilmektedir. Bisiklet sporcularının performanslarını artırmak için en önemli unsurlardan biri bisikletin ağırlığı olabilir. İsviçreli bisiklet üreticisi BMC (Bicycle Manufacturing Co.), 1055 gram olan bisikletin ağırlığını azaltırken aynı zamanda bisikletin yapımında kullanılan boruları çelikten 400 kat daha mukavemetli hale getirmiştir. CNT’li plastik çerçeveli bisikletler kullanan Cadel Lee Evans ve Floyd Landis gibi birçok yol yarışı şampiyonu, Tour de France başta olmak üzere çeşitli turnuvaları kazanmıştır (Nanotechnology in Sports Equipment, 2013).

Nano ölçekte yapılan çalışmalar, malzemelerin özellikleri üzerinde farklı bir etki oluşturmaktadır. Bu etki ile elektronik, manyetik, optik, mekanik ve biyomedikal amaçlı işlemler gibi birçok farklı disiplini kapsayan geniş bir uygulama alanı ile işlevsel ürünlerin, cihazların ve sistemlerin geliştirilmesi sağlanmaktadır (Özdoğan, Demir ve Seventekin, 2006). Ünlü tenisçi Roger Federer, Selüloz Nanopartiküller (SNP) ile güçlendirilmiş raketler (Wilson nSix-One Tour 90, nCode & K Factor) kullanarak Wimbledon dâhil birçok turnuvada başarı kazanmıştır. Bu raketler, diğer nano tabanlı olmayan raketlere göre daha istikrarlı, daha güçlü ve %22 daha fazla topa vurma gücüne sahiptir. Bu selüloz nanopartiküllerin kullanımı ile kayak sporu için fayda sağlayabilecek esneklik kontrolünü artıracak, daha yumuşak sürüşlere ve dönüşlere izin veren malzemeler üretilmektedir (Nanotechnology in Sports Equipment, 2013). Mevcut kayak malzemelerinde, karbon fiberleri arasında boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar kayağın ömrünü azaltmaktadır. Nano boyuttaki silikon oksit kristalleri ile doldurulan boşluklar, kayağa kolay hareket etme, dayanıklılık, yüksek hız, daha fazla direnç ve sertlik gibi özellikler kazandırmıştır (Türkmen ve Mutlutürk, 2014).

Nanoteknoloji kavramının ortaya çıkışı tarihsel olarak incelendiğinde, ilk olarak bilim insanı Feynman'a dayandığı görülmektedir. Feynman, nano ölçek kavramını dünyada ilk defa ortaya koyan isimdir. 1959'da Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde Feynman'ın "There's plenty of room at the bottom" (Daha Aşağıda Çok Yer Var) adlı konuşmasında, "Neden Britannica Ansiklopedisi'nin tüm 24 cildini bir raptiye başına yazamayalım?" diyerek nanoteknolojinin fark edilmesini sağlamıştır. Konuşmasında, çok küçük boyutlarda işlemleri, atomların ve moleküllerin yapılarının çok hassas aletlerle değiştirilerek gerçekleştirilebileceğini vurgulamıştır. Feynman'ın konuşmasında nanoteknoloji alanında bahsettiği önerilerinin çoğu günümüzde gerçekleşmiştir. Feynman, küçük boyutlarda yerçekimi gibi kanunların öneminin azalacağını, Van der Waals gibi mikro düzeydeki zayıf kuvvetlerin daha önemli hâle geleceğini söylemiştir. Feynman, bilim insanlarının tek tek atomları ve molekülleri manipüle edip kontrol edebileceğinden bahsetmiştir (Şahin, 2019).

Feynman, nano ölçekten bahsederken, onun söylediklerine ek olarak 1976'da nanoteknolojiden kavram olarak ilk bahseden Tokyo Bilim Üniversitesi profesörü Norio Taniguchi olmuştur. Taniguchi, nanoteknolojiyi tanımlarken; malzemelerin atom veya

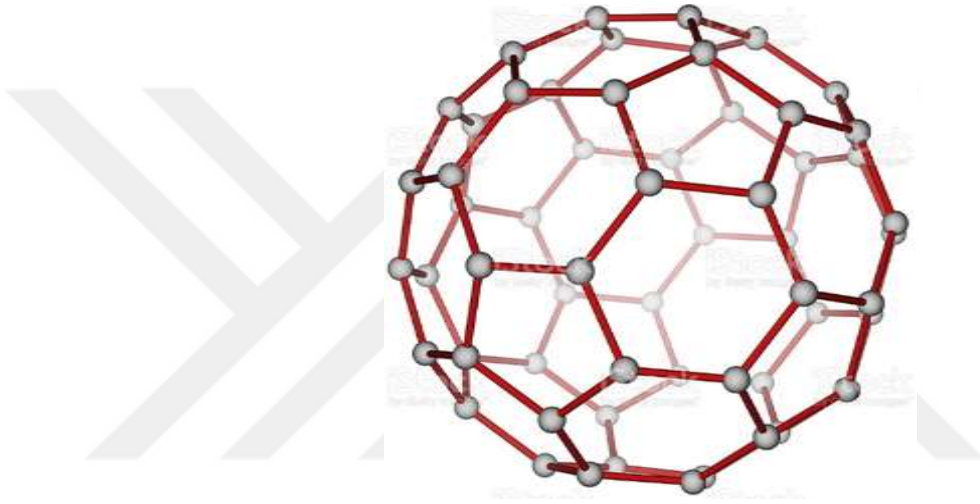
molekül işlenmesi, birleştirilmesi, ayrılması ya da bozulması ifadelerini kullanmıştır (Ayas, 2015).

1981 yılında, Taramalı Tünelleme Mikroskobu (Scanning Tunneling Microscopy) keşfedilmiştir. Bu keşif, Feynman ve Taniguchi'nin nano ölçek ve nanoteknoloji kavramlarını açıklamalarından sonra araştırmalara ışık tutmuş ve birçok bilimsel gelişmenin önünü açacak nitelikte olmuştur. Taramalı Tünelleme Mikroskobu, nanoteknolojinin gelişiminde önemli rol oynamıştır. Yüzeyleri atomik düzeyde görüntüleyen ve yüzey karakteristiğini ölçmek için kullanılan mikroskobun keşfini gerçekleştiren Binnig G. ve Rohrer H., Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülmüşlerdir (Turgut vd., 2011).

Taramalı Tünelleme Mikroskobu'nun öncülüğünde daha yüksek çözünürlüklü bir mikroskop geliştirilmiştir. 1986 yılında Gerd Binnig, Calvin Quate ve Christoph Gerber birlikte yaptıkları çalışmalar sonucunda nano boyutta görüntüleme, ölçme ve malzeme işleme konusunda en gelişmiş araçlardan olan ilk Atomik Kuvvet Mikroskobunu (AFM) geliştirmişlerdir. Bu mikroskoplar, fizik biliminde kullanılan piezoelektrik özellikli (bazı malzemelere uygulanan mekanik basınç sonucunda, malzemenin elektrik alan ya da elektrik potansiyelini değiştirme yeteneği) öğeler kullanılarak tasarlanmıştır. Hassas mekanik taramayı yapabilmek için küçük ancak kesin hareketlerden yararlanmaktadır. Nano boyutta görüntüleme, ölçme ve malzeme işleme konusunda en gelişmiş mikroskoplardır (Özdoğan vd., 2006).

1986'da yine nanoteknoloji için önemli bir isim olan Drexler, Yaratılış Motorları: Nanoteknolojinin Yaklaşan Çağı adında bir kitap yazmıştır. Drexler, bu konuda kitap yazan ilk kişidir. Bu kitabında, "Nanoteknoloji sonucu olarak dünya ötesinde bir yaşam alanı kurulabilir, denizlerin ötesinde yaşam alanı sağlanabilir, ayrıca vücudumuzu yenilemek ve yeniden yapmakta kullanabileceğimiz bir adım atılabilir." şeklinde bahsetmiş ve nanoteknoloji ile ilerleyen zamanlarda neler yapılabileceğini anlatmıştır. Drexler, atomları istenildiği gibi yerleştirerek şekil verilebileceğini, sonra da birleştirerek kullanılabileceğini öngörmüştür. Nanoteknolojik üretimde bu görüşü uygulayarak Drexler, kömürü elmasa dönüştürebileceğini ve tuzdan bilgisayar çipi üretebileceğini savunmuştur (Ayas, 2015).

1990'ların ilk yıllarında Rice Üniversitesi'nde Richard Smalley ve araştırmacıları, futbol topuna benzeyen “fullerene” molekülünü keşfetmişlerdir. Bu molekül yapısı, 60 karbon atomunun simetrik bir şekilde dizilmesiyle elde edilmiş ve dünya çapında ilgi görmüştür. Kimyasal formülü C₆₀ olup, küre, silindir veya elips şeklinde bir yapıya sahip olabilmektedir. “Fullerene” boyutu 1 nanometre olup çelikten daha güçlü, plastikten daha hafif, elektrik ve ısı iletkenliği yüksek olan bu molekül yapısı ile 1996 yılında Nobel Kimya Ödülü'ne layık görülmüştür (Özdoğan vd., 2006).



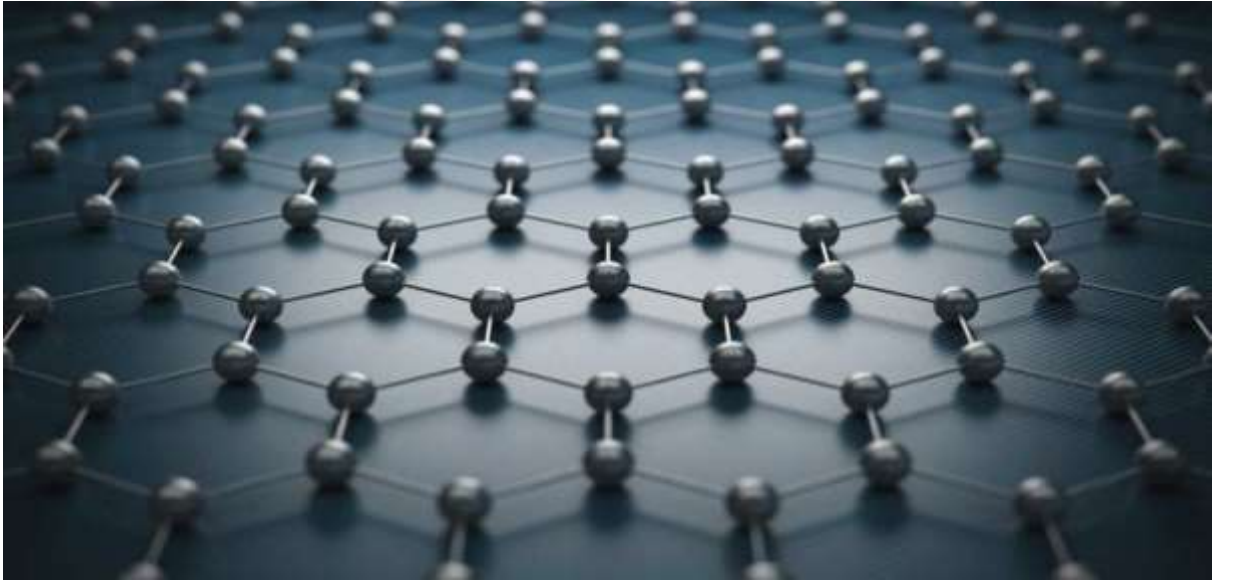
Şekil 2. Fullerene C₆₀ Modeli

(<https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/fullerene-c60-molecular-structure-gm160525181-22782623>)

Yukarıda bahsedilen fullerene uygulama örneklerinin ortaya çıkması 2003 yılını bulmuştur. İlk ticari kullanımı ise spor endüstrisinde görülmüştür. Bowling topunun yüzey alanında kullanılan üretan reçinesine ek olarak fullerenler ilave edilip bowling kulvarında hareket eden topun kontrol edilebilirliğini artırmış aynı zamanda cilalı (wax) ve cilalı olmayan (non-waxed) zeminlerde kullanımını iyileştirmiştir (Murayama vd., 2005).

Fullerenler kullanımıyla birlikte endüstriler üretecekleri ürünlerde daha düşük maliyetler beklemişlerdir. C₆₀ ve C₇₀ fullerene moleküllerini içeren ürünler daha düşük fiyatlarla mal edilmiştir. Bu molekülleri içeren ürünler bowling toplarının kaplamalarına ilaveten fiber takviyeli kompozit yapılı tenis ve badminton raketlerinin üretiminde kullanılmıştır (Plunkett, 2008).

Endüstrilerin fulleren içerikli ürünlerden özellikle maliyet anlamında gördükleri açılımdan sonra bilgi ve teknoloji şirketleri fullerenin farklı formlarını keşfetmişlerdir. 1991 yılında Japon NEC firmasından Sumio Iijima, karbon nano tüpleri bir diğer adıyla grafeni bulduğundan ve bu karbon nano tüplerin fullerene molekülünün esnetilmiş bir hali olduğundan bahsetmektedir. Iijima, karbon nanotüplerin ağırlığının çeliğin ağırlığından 6 kat daha küçük fakat çelikten 100 kat daha güçlü olduğunu savunmuştur. Grafen (Karbon nano tüplerin) hafif ve boşluklu yapıları, kimyasal kararlılıkları, elektrik iletkenlikleri, yüksek esneklik modeline sahip ve dayanıklı olmaları gibi fizik bilimin malzeme üretimine getirdiği yüksek teknoloji ile ilgi çekmektedir (Özdoğan-Demir-Seventekin, 2006). Grafenin dayanıklı ve daha esnek yapısı özellikle doğa sporları için sporcuların performansına katkısı olmuştur. Engebeli arazi ve sıcaklık değişimlerinin sonucu ayakkabı gibi aşınma riski olan ürünlere daha çok konfor ve kalite sağlamıştır (<https://www.acsmaterial.com/blog-detail/how-are-graphene-and-sports-gear-related.html>)



Şekil 3. Altıgen Dizilimdeki Karbonlardan Oluşan Tek Katman Grafit Görünümü

(https://cdn.evrimagaci.org/9j3UH95ty_ufj9XAPZUeRKtlq4w=/storage.evrimagaci.org/%2Fold%2Fcontent_media%2F49df4d2d2b382e7dc0409f0eefc87863.jpg)

Grafenin karbon fiber kompozit yapısıyla kürek ve yelkenli sporlarda kullanımı, önemli bir avantaj sağlamaktadır. Karbon fiber kompozit yapılar, spor ekipmanlarının güçlü, hafif, dayanıklı, hava direncini ve sürtünmeyi azaltıcı bir etkiye sahip olmasını

sağlamaktadır. Bu tür sporlar için bahsedilen özellikler, güvenli ve etkili performans sergilenmesine yol açacaktır. Kürek sporu için özel olarak üretilen teknelerin dış cephesinde grafen antikorozyon kaplamaları kullanmak, deniz ya da göllerin erozyonundan tekneleri koruyabilmektedir. Grafen antikorozyon kaplamaları sayesinde dış yüzeylerin dayanıklılığı artarken, paslanmaya karşı koruma sağlanmış olur. Bu sayede teknelerin bakım maliyeti azalırken ömrü uzayabilmektedir (Türkmen ve Mutlutürk, 2014).

Category	Project	Equipment	Application prospect
Wearable	Ice and snow	Ski suit and shoes	Heat, ventilation and warmth
	Go fishing	Fishing rod	Excellent bending strength
Competition	Bicycle	mountain biking	More stable, high-speed controllability and comfort
	Rock Climbing	Climbing rope	Lighter, harder, more flexible
Detection	Drift	Hull, rowing	Can withstand greater impact and protect athletes
	Outdoor dventure	Expanding appliance	Real time monitoring effect

Şekil 4. Grafen Teknolojisinin sporda uygulama alanları

Fu, B., and Gao, J. (2020, November). Study on the application of graphene polymer material in sports equipment. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1676, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.

Spor malzemelerinden biri olan ayakkabıların tasarımı, hemen hemen her spor dalında oldukça önemlidir. Dolayısıyla, yüksek teknoloji kullanan ayakkabı firmaları yeni arayışlar içerisine girmektedir. Özellikle ayakkabı tabanı, dış yüzey ve yastıklama gibi kısımlara nanoteknolojik ürünler geliştirilerek ayakkabı tasarımlarına yeni bir bakış açısı getirmektedirler. Bunun nedenleri ise, ayakkabıda sporcunun ayak konforunun artması, bacak yorgunluğunun azalması, yeteneğin gelişimi (kontrollü zıplama, sıçrama) ve sakatlanmaların önlenmesinin hedeflenmesidir. Nano partiküllerden yararlanılarak tasarlanan spor ayakkabılarında amaç, daha yumuşak ve daha dayanıklı yapıda ayakkabı elde edilmesidir. Bu ayakkabılara örnek olarak, 2008 Dünya Olimpiyatları'nda Jeremy Wariner için üretilen nanoteknolojik koşu ayakkabısı ile sporcu, 400 metre koşu yarışmasında bu tasarımla koşarak ikinciliği elde etmiştir (Şentürk ve Özer, 2022).



Şekil 5. 400 metre finalinden bir görünüm

https://tr.wikipedia.org/wiki/2008_Yaz_Olimpiyatlar%C4%B1%27nda_Amerika_Birle%C5%9Fik_Devletleri#/media/Dosya:Warinerbeijing.jpg)

Bir başka örnek, 2019’da Amerika Birleşik Devletleri (ABD) eski Başkanı Barack Obama’nın da izlediği üniversiteler arası bir karşılaşmada, Zion Williamson oyuna girdikten 30 saniye sonra, hiçbir dış müdahale olmadan ayakkabısı yırtılınca ayağının kayması sonucu sakatlanarak oyundan ayrıldı.



Şekil 6. Zion Williams’ın Nike ayakkabısının yırtılması sonucu sakatlandığı an, 2019
(<https://tr.euronews.com/2019/02/23/sporcunun-yirtilan-ayakkabisi-nike-a-1-5-milyar-dolara-mal-oldu>)



Şekil 7. Grant Williams'ın ayakkabısının patlaması Nike firmasına 1.1 Milyar dolara mal oldu, 2019.

(<https://www.indyturk.com/node/16366/spor/sahada-par%C3%A7alanan-ayakkab%C4%B1-nikea-15-milyar-dolar-kaybettirdi>).

Bir başka örnek de Grant Williams'ın Nike ayakkabısının yırtılması sonucu sakatlanmasıdır. Bu olaylarda, oyuncuların sakatlıklarının yanı sıra firmalar da ciddi finansal ve imaj kayıplarına uğramışlardır. Bu firmalar, bu talihsizliklerden sonra fizik biliminden daha da fazla faydalanmışlardır. Ayakkabı tasarımında yumuşak ve yüksek enerjili malzemelerden üretilen yastıklama (ayakkabının darbe gücünü absorbe etme kapasitesi) parçaları kullanılarak maksimum geri besleme değerini alabilmesi sağlanmıştır. Özellikle yeni basketbol ayakkabılarının iç tabanı ve orta tabanı, iki kat grafen kauçuk gibi destekleyici malzeme (üst katman ve alt katman) içeren ürünlerle lamine edilmiştir. Böylece, grafen gibi nanoteknolojik ürünler kullanılarak ayakkabılar daha dayanıklı ve esnek hale getirilmiştir. Yeni yastıklama teknolojisi ile sporcuların enerji kaybı olmadan müsabakalardaki performansları iyileştirilmiştir (Fu ve Gao, 2020).

Nanopartiküller ile dayanıklılık, sertlik, su geçirmezlik, esneklik, leke tutmama vb. özelliklere sahip spor malzemeleri üretilmektedir (Harifi and Montazer, 2017). Üretilen bu malzemeler sayesinde birçok spor dalında başarılı sonuçlar alınmıştır. Örneğin; Yonex firması, badminton racketlerini daha hafif, güçlü, dayanıklı ve kontrollü hale getirmek için karbon nanotüpler kullanarak yeni nanoteknolojik ürünler

geliştirmiştir. Nanoteknolojik hokey sopaları ile doğru vuruşu sağlayabilmek için karbon nanotüpler kullanılarak sertlik artırılıp daha hafif ve daha dengeli ürünler üretilmiştir. Pure Drive adıyla Fransız Babolat şirketi mevcut raketlerden yaklaşık 5 kat daha sert olma özelliği ile nano karbon fiber kullanarak tenis raketlerinde nanoteknolojiyi ilk kullanan şirket olmuştur. 2004 yılında Wilson adındaki üretici firma ise nanoteknoloji kullanarak nCode adını verdiği tenis raketini üretmeyi başarmıştır. Wilson 2007 ve 2010 yıllarında karbon elyaf, karbon nanotüp kompozitler kullanarak tenis raketini daha da geliştirmiştir. CNT beyzbol sopasını Eastonspor adında firma, karbon nanotüp kompozitlerle daha güçlü ve daha hafif hale getirerek, sporcuların performanslarına olumlu yönde katkı sağlamıştır. Easton ve Zyxex bisiklet firmaları, gidon ve kranklardaki karbon lifleri güçlendirmek amacıyla karbon nanotüpler kullanmaktadır (Türkmen ve Mutlutürk, 2014). Bu sayede güçlenmiş olan gidon ve krankların sertliğinin artması, titreşiminin azalmasıyla 2006 Tour de France'ın birçok etabında nanoteknoloji kullanımı sayesinde başarı elde edilmiştir. Bahsedilen başarılarından sonra nanoteknolojinin geldiği son duruma ve sunduğu imkânlarla bakılacak olursa gelecekte bizleri oldukça şaşırtan teknolojik ürünlerin üretilebileceği mümkün gözükmektedir. Fizik kuralları çerçevesinde nanoteknoloji kullanılarak tasarlanan spor malzemelerinin spor dünyasında güzel sonuçlar doğurduğu görülmektedir (Engelmann vd., 2021).

Yukarıdaki bilgilerden görüldüğü gibi teknolojik gelişmeler özellikle nanoteknoloji, sporcunun atletik performansını artırmaktadır. Bu durum ne kadar olumlu gözükse de sporcuların doğal yetenekleri ile teknoloji arasında bir ayrım olması gerektiğini düşünmek yanlış olmayacaktır. Teknoloji dopingi, sporcuların performansını artırmak amacıyla yasak olmayan teknolojik gelişmeleri kullanmaları olarak tanımlanabilir. Bu durum, spor ekipmanlarının veya diğer teknolojik araçların kullanımıyla sporcuların avantaj elde etmesini sağlamaktadır. Örneğin, özel tasarlanmış ekipmanlar, performansı artıran cihazlar veya diğer teknolojik yenilikler sporcuların performansının artmasında etkili olmaktadır. Ancak, uluslararası spor kurallarına göre bazı teknolojik gelişmelerin kullanımı sınırlı veya yasaktır. Bu nedenle, sporcuların teknoloji dopingi yapmamaları ve fair play prensiplerine uygun şekilde mücadele etmeleri önemli bir husustur (Öngel, 1997).

Teknoloji ile sağlanan imkânlar, insan ruhunu ve bir sporcunun doğal başarılarını gölgede bırakabilmektedir. Son zamanlarda nanoteknolojinin kullanımındaki rekabet spor dünyasına teknoloji dopingi diye bir kavramın girmesine sebep olmuştur. Teknoloji dopingi sporcuların performansını artırmak amacıyla teknolojik cihaz veya ekipmanlar kullanması olarak tanımlanmaktadır (Yoncalık ve Gündoğdu, 2007; Ak, 2021). Sporcuların fiziksel yeteneklerini doğrudan geliştirmek yerine, teknolojik avantajlarla desteklenmiş bir performans sergilemelerine neden olabilmektedir. Teknoloji dopingine aerodinamik bisiklet tasarımları, yüksek teknolojiye yüzme mayoları, nanoteknolojik spor ekipmanları örnek gösterilebilmektedir (Şentürk ve Özer, 2022).

Teknoloji dopingi yüzünden Uluslararası Otomobil Federasyonu (FIA), Dünya Doping Mücadele Ajansı (WADA) gibi yetkili kurumlar nanoteknolojinin spor ekipmanlarında kullanımına bir sınırlama getirilmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Örneğin, FIA, F1 yarışlarında 8 nanotüplerin ve nanofiber kompozitlerin kullanımını kısıtlamak için 2014 yönergelerini yayınlamıştır. Ancak, federasyonun kurallarına aykırı olan bir durum tespit edilmediğinden ve sporcunun performansını artırabilecek bir teknolojiye rekabetçi spor dünyasında izin verilmesi gerektiği uygun görülmüştür. Uluslararası yüzme federasyonu (FINA) belirli özelliklere sahip yüzme mayolarını sporcu performansını yapay bir şekilde artırdığını düşünerek yasaklamıştır (Wu, 2011).

Sonuç olarak, fizik bilimi sayesinde nanoteknoloji, çığır açacak bir etkiyle spor dünyasında büyük gelişmeler meydana getirmiştir. Sporcuların performansına, ergonomisine ve sağlığına katkı sağlarken öte yandan zemin mukavemetini ve temizliğini etkileyen nanoteknolojik uygulamaların kullanılması, hem bilime katkıda bulunmuş hem de spor teknolojisinin gelişmesini sağlamıştır. Ancak haksız rekabeti de göz ardı etmemek koşuluyla nanoteknolojinin sağladığı fayda herkes tarafından tanınır ve kabul edilirse daha adil, bir o kadarda başarılı sporcu performansı gözlemlemek olası olacaktır.

3.2. Aerodinamik

Aerodinamik; hava içinde hareket eden cisimlerin devinimlerini ve bu devinimden ileri gelen fiziksel olayları inceleyen fizik biliminin bir alt dalıdır (Maza, 2023). Hava direncinden bahseden ilk kişi olmasına sebep aerodinamik ile uğraşan ilk

bilim insanı Isaac Newton kabul edilmektedir. Hava ortamında hareket eden cisimlere hareket yönlerine ters yönde etki eden kuvvetin yaptığı dirence hava direnci denilmektedir. Bu yönüyle özellikle sporcular ve kullandıkları malzemeler hava direncine maruz kalabilmektedirler. Hava direnci kayakla atlama, bisiklet, yarış kızağı, cirit, disk, sürat pateni, sürat koşusu, futbol, tenis, kriket, golf, beyzbol, badminton spor dallarında hem ekipman hem de sporcu performansı üzerinde büyük bir etkiye sahip olmaktadır. Dolayısıyla sporda bu etki aerodinamiğin sürüklenme kuvveti, kaldırma-indirme kuvveti, yan kuvvetler, hız, şekil, konum gibi başlıkları altında ele alınmakta hem sporcuların hem de sporcu kıyafeti ve ekipmanlarının performansına katkısı olduğu görülmektedir (Alam vd., 2019).

Havanın sürüklenme kuvveti ve yan kuvvetler gibi konular ele alındığında bisiklet sporu aerodinamik kavramı için incelenebilecek ilk spor dalı olmaktadır. Bu spor dalı için önemli faktörlerden biri kesit alanıdır. Kesit alanının azalması sürüklenme kuvvetini iki katına çıkarmaktadır. Bu sebeple bisiklet süren sporcular sürüş sırasında çömelme denilen pozisyonu almaktadır. Çömelme hareketi sayesinde daha küçük kesit alanı oluşur, sürtünme azalır sonuç olarak sporcu istenilen hızın daha da üzerine çıkabilir (Alam vd., 2019).

Konuya daha geniş açıdan bakacak olursak; bisiklet, geçmişten günümüze çeşitli kullanım amaçları için üretilmektedir. Bu kullanım amaçları sporda farklı bisiklet branşlarının kategorize edilmesine sebep olmuştur. Bisiklet yarışları; yol bisikleti, pist bisikleti, cyclo-cross bisiklet, dağ bisikleti ve BMX bisiklet şeklinde kategorize edilmekte ve müsabakalar düzenlenmektedir. Bisiklet üreticileri ve sporcular arasında yarışlardan daha yüksek verim alabilmek için hep bir bağ olmuştur. Örnek vermek gerekirse bisikletin yıldızları Bradley Wiggins ve Mark Cavendish'e bakıldığında karbon fiber alaşımdan kişiye özel olarak üretilmiş "süper aerodinamik" özellikteki bisikletlerle Londra 2012 olimpiyat oyunlarına katıldıkları görülmektedir. Bradley Wiggins bireysel zamana karşı etabında almış olduğu altın madalya ile sportif olarak performansını ve bisikletin performansını birleştirmeyi başarmıştır (Öztürk, 2021).

Aerodinamik ekipmanın bisiklet sporundaki etkisini bir örnekle açıklamak gerekirse Dünyanın en saygın yarışlarından kabul edilen 1989 Fransa Bisiklet Turunda Birleşik Amerikalı bisikletçi Greg LeMond'un rakiplerinden farklı olarak kullanmış

olduğu bisikletin, aerodinamik özelliklere sahip olan gidon, disk ve tekerleği sayesinde en yakın rakibinden geride olmasına rağmen oluşturduğu avantaj sayesinde yarışı sekiz saniye önce kazanmıştır. Yine bir başka Fransa Bisiklet Turu 1992 Olimpiyatlarında birçok etap kazanmış bisikletçi Chris Boardman'ın kullanmış olduğu bisiklete bakıldığında, aerodinamiğin önemi ile tasarlanmış ve aerodinamik açıdan optimize edilmiş, “Lotus” markasına ait olan “Superbike” sayesinde zafere ulaşması aerodinamiğin bisiklet sporundaki önemini ve etkisini dünyaya kanıtlamıştır (Öztürk, 2021).



şekil 8. Amerikalı bisikletçi Greg Lemond' un aerodinamik bisikleti ile farklı zaferi, 1989.

(<https://www.bicycling.com/tour-de-france/a27681555/greg-lemond-1989/>)



Şekil 9. Lotus Type marka bisiklet farklı pedal tasarımı, hava direncini azaltan, tek parça ve karbon lif dış yüzeyi ile uzun zaman sonra Britanya' ya madalya kazandıran aerodinamik bisiklet, 2016.

(<https://www.icmimarlikdergisi.com/2016/11/07/tasarimda-pedal-devrimi/>)



Şekil 10. Bisiklet sürüş modelleri

Yarış türüne ve arazi tipine bağlı olarak profesyonel bisikletçiler tarafından yaygın olarak kullanılan üç ana pozisyon vardır. Bu pozisyonlar;

a) Ellerin gidonun üst kısmında olmasıyla karakterize edilen dik duruş, aslında yokuşlu arazide sürüş için gidonu yukarı çekerken kullanılır. (bkz. Şekil a),

b) Düşmüş duruş, eller yukarıda gidonun alt kısmı yansıtılan ön alanı en aza indirmek için yüksek hızda benimsenir. (bkz. Şekil b)

c) Dirsekler aero-gidonların pedleri üzerine yerleştirildiğinde zamana karşı duruş, en iyi aerodinamik duruş olduğuna inanılır ve aerodinamik sürtünmenin üstesinden gelmek için kullanılır (bkz. Şekil c).

Aerodinamikte sürüklenme kuvvetinin bir başka etkisi de sporcunun kıyafetleri üzerinedir. Doğru spor kıyafeti bir bisikletçinin müsabakalarda başarı elde edebilmesi için yapabileceği en büyük iyileştirmelerden biridir. Bu durum önemsiz gibi görünse de, sıradan normal tayt ve mayo yerine dar ve sporcunun vücudunu saran giysiler giymeyi seçmek, yapılan çalışmalarda sürtünmede % 30' a yakın bir azalma sağlamaktadır. Mevcut yarışlara bakıldığında özellikle saate karşı etaplarda ve triathlon müsabakalarında vazgeçilmez aerodinamik ekipmanların kullanıldığı görülmektedir (Öztürk, 2021).

Kayakla atlama sporu aerodinamik kavramı için incelenebilecek bir diğer spor dalıdır. Kayakla atlama sporunda kayakçılar mümkün olduğunca uzağa gitmek için bir kalkış rampası ile bir tepeden aşağı inerler. Kayakla atlama; koşu, kalkış, uçuş ve iniş olmak üzere dört ana aşamadan oluşur. Koşma ve kalkış aşamalarında kayakla atlayıcı maksimum hıza ulaşmaya çalışmaktadır. Uçuş aşamasında, kayakla atlayıcı mümkün olan maksimum atlama mesafesini elde etmek için kaldırmayı en üst düzeye çıkarmak ve sürtünmeyi en aza indirmek için rüzgâr yönüne göre uygun vücut pozisyonunu korumak istemektedir. İniş aşamasında, maksimum menzili, güvenli ve kontrollü inişi elde etmek için hava içerisinde karşılaşılan direnci aerodinamik sürüklemenin maksimize edilmesi ve kaldırmanın da minimize edilmesi ile sağlamaktadır (Spitzer, 2020).

Kayakla atlayıcının yörüngesi dolayısıyla atlamanın toplam mesafesi kayakla atlayanın ilk vücut pozisyonu ve uçuş aşamasına geçişteki birçok faktöre bağlı olmaktadır. Bunlar; hızın büyüklüğü ve yönü, atlamacının kütle merkezi, aerodinamik sürüklenme ve kaldırma kuvvetlerinin büyüklüğü gibi faktörlerdir. Kayakla atlama uzunluğu, büyük ölçüde koşu hızına, sporcunun atlama kuvveti nedeniyle rampaya dik olan hıza, kalkış ve uçuş sırasında etki eden kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerine ve sporcunun kütlesine bağlıdır. Bu açıklamaların ışığında kayakçının maruz kaldığı aerodinamik kuvvetler doğrudan ekipman donanımına (örneğin; kayak, kask, gözlük, kayak kıyafeti, eldivenleri, botlar vb.) ve özelliklerine bağlı olmaktadır. Dolayısıyla

aerodinamik özellikli malzemeler kayağın geometrik boyutları ve atlayıcıların kıyafetlerinde performansını artırmaya yönelik kullanılmakta ve bu konuda çalışmalar devam etmektedir (Alam vd., 2019).

Atletizmin alt dallarında olan cirit spor dalında sporcuların performanslarında da aerodinamiğin önemli etkisi olduğu göze çarpmaktadır. Juris Teraud'un aerodinamik cirit tasarımı, cirit sporuna yeni bir boyut kazandırmıştır. Cirit tasarımı yıllarca ağaçtan elde edilirken 1953'de cirit tasarımı üzerinde çalışmaya başlayan Dick Held adlı bir mühendis, alüminyumun cirit için ideal bir madde olduğunu bulmuştur. Dick Held; Teraud'un başlattığı yeni tasarımıyla, atlete ve değişken hava koşullarına uyan aerodinamik ciriti üretmeyi başarmıştır. Nitekim 1957'den itibaren, alüminyumdan tasarlanan ciritlerle rekorlar kırılmaya başlanmıştır. Yeni cirit, uygun açı ile fırlatılma ve havada daha uzun kalabilme özelliklerini kazanmıştır (Yapıcı ve Ersöz, 2003).

Havanın cirit yüzeyine göre hareketi incelendiğinde, cirit üzerinde bir yüzey kuvvetinin etki etmesine neden olur. Aerodinamik bir kuvvet olan yüzey kuvveti kaldırma ve sürtünme kuvveti olmak üzere iki kısımda ele alınmaktadır. Kaldırma kuvveti, yukarı yönde ciritin yüzeyine dik olarak hareket eden ve yerçekimi etkilerine karşı koyan bileşendir. Sürtünme kuvveti, yavaşlatma özelliği gösteren ciritin yüzeyine paralel hareket eden bileşendir (Nordin and Frankel, 2001). Bir ciritin uçuşunun aerodinamik bileşeni, aerodinamik kuvvetin büyüklüğüne ve yönüne, bu kuvvetin basınç merkezine ve ciritin kütle merkezine bağlıdır.

Buna ek olarak, cirit atma tekniği, fırlatma aşaması, hız kazanma koşusu, geçiş adımı ve iletim fazı olmak üzere çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Sporcuların cirit atma performansını artırmak için atış hızının önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Yapılan bilgisayar çalışmalarıyla sağlanan en uygun fırlatma açısı ve fırlatma hızı, ciritin istenilen uzaklığa fırlatılabilmesi için atletin uygulaması gereken tekniği ve kol süratini de belirlemiş olmaktadır. Ayrıca, cirit tutma ve taşıma aşamasının da atış sırasındaki gücü yönlendirdiği belirtilmiştir. Sonuç olarak, cirit atma tekniğinin detaylı bir biyomekanik analizi yapılarak sporcuların performanslarını artırmak için odaklanmaları gereken noktalar ortaya konmuştur (Çarıkçı vd., 2021).

Pavlovic vd., deneysel çalışmalarında, cirit atma ile ilgili birçok yeni teknik detayı ortaya çıkarmış ve bu detayların cirit atıcılarının performansını artırmada

kesinlikle yardımcı olabileceğini savunmuşlardır. Vücudun ağırlık merkezinin yatay hızını vücudun dönme hızına dönüştürmek ve kilitleme bacağında uzatılmış bir pozisyonu korurken yüksek bir atıcı başlangıç hızına ulaşmaya yardımcı olabileceği belirtilmiştir. Cirit atma antrenmanının temel amacının, hızlı koşu sırasında yüksek hız geliştirmek ve yüksek atış hızına yol açacak patlayıcı güç geliştirmek olduğu belirtilmiştir. Cirit atmanın başlangıç hızı, atış açısı, tutuş açısı, saldırı açısı ve atış yüksekliği gibi serbest bırakma parametrelerine odaklanmıştır (Pavlovic vd., 2020).

Yapılan bu yenilikler kısa zaman içerisinde cirit dünya rekorunun 105 metrenin üzerine çıkmasını sağlayınca, Uluslararası Atletizm Federasyonu yetkilileri, yakın gelecekte eldeki tesislerin, cirit atma için kısa geleceği güvenlik açısından yetersiz olacağı endişesiyle 1 Nisan 1986'dan geçerli olmak üzere, mevcut ciritlerin ağırlık merkezini 4 cm öne kaydırmışlardır. Günümüzde aynı kurallar geçerliliğini sürdürmektedir (Bulgan, 2005). Bu kural değişikliğiyle ciritler, havadaki öne salınımlarını daha çabuk yaparak, daha kısa mesafeye düşmektedirler (Yapıcı ve Ersöz, 2003).

Spor dallarından Dünya'nın en popüler branşı olan futbol incelendiğinde artan ilgi ve mali güç göze çarpmaktadır. Bu sayede birçok teknolojik gelişmenin kapıları aralanmaktadır. Teknolojinin ilerlemesi ve ekonomik ilgi sonucunda daha iyi malzeme üretiminin gerçekleşmesi amaçlanmaktadır (Li, vd., 2024). FIFA Dünya Kupası her dört yılda bir futbol topu için tasarım çalışmaları yapmaktadır. Top geçmişten günümüze inanılmaz değişim göstermektedir.

Adidas markası, FIFA Dünya Kupası için özel olarak tasarladığı futbol toplarının tarihsel gelişimiyle tanınmaktadır. Özellikle Adidas Telstar modeli, 1970 FIFA Dünya Kupası'nda kullanılan ilk resmi Dünya Kupası topudur. Bu top, siyah ve beyaz panelleriyle karakterize olmuş ve o zamandan beri birçok farklı versiyonu üretilmiştir. 2002'den 2018'e kadar olan süreçte birçok farklı modelde FIFA Dünya Kupası için özel olarak tasarlanmış futbol topları üretilmiştir.

Almanya'da düzenlenen 2006 Dünya Kupası için üretilen Teamgeist topu, 14 adet üçgen paneliyle öne çıkmıştır. Bu tasarım, topun daha iyi kontrol edilmesini ve daha doğru vuruşlar yapılmasını sağlamıştır.

Güney Afrika'da gerçekleşen 2010 Dünya Kupası'nda kullanılan Jabulani topu, 8 adet üçgen paneliyle dikkat çekmiştir. Bu topun tasarımı, daha istikrarlı bir uçuş ve daha iyi performans sağlamak amacıyla yapılmıştır.

Rusya'da gerçekleşen 2018 Dünya Kupası'nda kullanılan Telstar 18 topu, klasik siyah ve beyaz panel tasarımına geri dönüş yapmıştır. Bu top, daha iyi görünürlük ve performans sağlarken ayrıca aerodinamik özelliklerinin üzerinde durularak, vuruş hissi ve görünümü içinde çalışılmış ve yenilikler yapılmıştır.

Adidas markasının Dünya kupası için tasarladığı topun tarihsel gelişim süreci aşağıda gösterilmektedir. (Alam, vd., 2018).



Şekil 11. FIFA Dünya Kupası toplarının 2002' den 2018' e dönüşümü.

(<https://www.goal.com/tr/haber/dunya-kupasi-toplari-al-rihla-tango-jabulani-ve-resmi-dunya-kupasi-toplarinin-tarihi/blt2e0f2ed919522ab3>).

Sonuç olarak aerodinamiğin kayakla atlama, bisiklet, yarış kızağı, cirit, disk, sürat pateni, sürat koşusu, futbol, tenis, kriket, golf, beyzbol, badminton gibi spor dallarında hem ekipman hem de sporcu performansı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

3.3.Denge

Yerçekimi kuvveti her an vücudumuzun her noktasına etki etmektedir. Özellikle hareket halinde iken ağırlık merkezlerinin yerçekimine karşı bulunduğu hali korumasına denge denilmektedir (Hof, 2007). Bu açıklama Isaac Newton tarafından hareket yasası çerçevesinde kavramlaştırılmaktadır. Bu yasaya göre Newton, cismin dengede kalabilmesi için dönme momenti koşulunu da sağlaması gerektiğini söylemektedir. Bir cismin dengede kalabilmesi için üzerine etkiyen kuvvetlerin dönme noktasına ya da dönme eksenine göre momentinin (torkunun) toplamı sıfır olmalıdır. Denge durumunda kuvvetlerin ve torkların sıfır olması cismin belirli bir konumda sabit kaldığı anlamına gelmektedir. Örnek vermek gerekirse jimnastik de tek bacağı üzerinde planör duruşu

yapan bir sporcunun dengesini sağlayabilmesi için vücuduna etki eden kuvvetlerin oluşturduğu torkun sıfır olması gerekmektedir. Dengeyi sağlamak için, vücut hareket ettikçe yer değiştiren ağırlık merkezinin dik çizgisinin destek alanı içinde kalmaya devam etmesi gerekmektedir. İnsan vücudu gibi kıvrılabilir cisimlerde ağırlık merkezinin konumu cismin şekline bağlı olarak değişir. Bu aşamada ağırlık merkezi vücut için destek noktasıdır. (Tekin, 2016).

Sportif aktivite gibi vücudun en üst düzeyde hareket ettiği durumlarda bu sportif becerilerin devam edebilmesi için denge çok önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Spor biliminde denge; sporcuların pozisyonlarını koruma ve hareketlerini düzenleme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Örneğin bir jimnastikçinin başarılı bir serisi için ağırlık merkezinin doğru pozisyonlanması çok önemlidir. Bu pozisyonlama sağlanamaz ise spor sakatlıklarının oluşmasında en önemli nedenler arasında yer alır (Kılıç, 2018).

Denge fizik biliminde, sporda ve sportif performansta karşımıza çıkmaktadır. Spor müsabakalarında üst seviye verimliliğe ulaşmak denge ile sağlanabilmektedir. Tüm vücudun ağırlık merkezinin doğru pozisyonlanması çok önemlidir. Çünkü denge performansındaki bozulmalar ile spor sakatlıkları arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır (Kılıç, 2018).

Fizik biliminde denge konusuna bilim insanlarından Isaac Newton katkı sağlamıştır. Cisimlerin hızında ve şeklinde değişiklik olmadan, ağırlık merkezlerinin yerçekimine karşı bulunduğu hali korumasına denge denilmektedir. Newton'un denge ile ilgili açıklaması hareket yasalarından olan birinci yasasına göre; denge durumundaki bir cisme etki eden kuvvetlerin vektörel (yönlü) toplamı sıfırdır şeklinde olmuştur. Newton'un hareket yasalarından birinci hareket yasası bir cismin dengede kalabilmesi için dönme momenti koşulunu da sağlaması gerektiğini de söylemektedir. Bir cismin dengede kalabilmesi için üzerine etkiyen kuvvetlerin dönme noktasına ya da dönme eksenine göre momentinin (torkunun) toplamı sıfır olması gerekmektedir (Luque, 2016).

Yerçekimi kuvveti her an vücudumuzun her noktasına etki etmektedir ve bir dönme momenti oluşturmaktadır. Yer çekimsel dönme momenti, yerçekimi kuvvetiyle ağırlık merkezinin çarpımına eşittir. Bir diğer değişle ağırlık merkezi, yer çekimsel

dönme momentinin hesaplanmasın da toplam yer çekimi kuvvetinin etki ettiği düşünülen noktadır. Yer çekimi kuvveti, ağırlık merkezi üzerinde dönme momenti oluşturamaz, yani kuvvetin etki çizgisi ağırlık merkezinden geçmektedir. Ağırlık merkezi vücut için denge noktasıdır. Bir destek noktası, ağırlık merkezinin altına yerleştirilirse dönme momenti olmayacağından cisim denge durumundadır. İnsan vücudu gibi kıvrılabilir cisimlerde ağırlık merkezinin konumu cismin şekline bağlı olarak değişir. Dengeyi sağlamak için, vücut hareket ettikçe yer değiştiren ağırlık merkezinin dik çizgisinin destek alanı içinde kalmaya devam etmesi gerekmektedir. Sporcularda çömelme hareketi olarak bilinen harekette vücut ağırlık merkezini düşürerek denge durumunu daha kontrollü hale getirir (Karimi Asl, 2016).

Denge kavramı statik denge ve dinamik denge diye iki ayrı bölümde ele alınmaktadır. Statik denge sabit bir noktada vücudun dengeyi sağlaması olarak tanımlanırken, dinamik denge hareket halindeki dengeyi sağlayabilme olarak tanımlanmaktadır. Vücudun tek ayak üzerinde durmaya çalışması, amuda kalkma hareketi statik dengeye örnek verilebilirken, yürüme, sıçrama, yuvarlanma hareketleri ise dinamik dengeye örnek oluşturur (Heper vd., 2012).

Statik dengenin değerlendirilmesinde tek bacak denge testi uygulanmaktadır. Bunun yanında sporcunun ayakta dik, kolları yanlarda, gözleri kapalı olduğu Romberg Testi ve bir ayağın diğerinin önüne yerleştirilmesi gereken Tandem Romberg Testi statik denge için uygulanan testlere örnek verilmektedir. Bir golfçünün atışlarını değerlendirmesine, yüksek ve alçak yörüngeli atışlar için ihtiyaç duyduğu gücü hesaplamasına statik denge yardımcı olmaktadır. Dinamik dengenin değerlendirilmesinde ise genellikle, bir ya da iki ayağın zemin üzerinde, belirli bir süre gözlerin açık veya kapalı olarak yapıldığı testlerdir. Aynı şekilde testi sabit olmayan zeminlerde de uygulamak mümkündür. Yaygın kullanılan dinamik denge testleri ise Yıldız Gezi Denge Testi (YGDT), Y-Denge testidir (Ateş vd. 2017).



Şekil 12. Chang W. Lee/The New York Times

Motor yeterlilik becerileri (yuvarlanma, dönme, zıplama) dinamik denge de ele alınacak konulardan biridir. Bu yeteneği geliştirmek, sporda ani ivmelenme veya yavaşlama, vücudun yönünü farklı durum ve şartlarda değiştirerek hareket performansını arttırabilmede önemli rol oynamaktadır (Nobari, vd., 2023).

Uygun spor dalı ve antrenman programı doğuştan gelen genetik faktörler sayesinde sporcular üzerinde yüksek performans etkisi yaratmaktadır. Güçlü ve koordineli kaslar, denge kontrolü için oldukça önemlidir. Ayak yapısı ve bacak uzunluğu gibi genetik faktörler de denge yeteneğini etkileyebilmektedir. Örneğin, ayak bileği stabilitesi ve ayak tabanı desteği gibi faktörler, bir kişinin denge yeteneğini farklı etkilemektedir. Ayrıca, bacak uzunluğu ve kas yapıları da denge üzerinde belirleyici olabilmektedir. Bu nedenle, dengeyi geliştirmek için hem kas gücünü hem de dengeyi sağlayan kas gruplarını hedefleyen egzersizler yapmak önemli rol oynamaktadır (Hrysomallis, 2011).

Spor dallarından özellikle atletizm branşında sakatlık önleyici ve performans artırıcı etki yaratması bakımından proprioseptif eğitim uygulanmaktadır. Dövüş sporlarında ise bu eğitim ile belirleyici etkin darbelerin oluşması sağlanmaktadır (Zsarnoczky-Dulhazi, vd., 2022). Denge ve propriyosepsiyon (özduyum) egzersizleri sayesinde voleybol, basketbol ve futbol oynayan kadın sporcularda esneklik, kuvvet ve tek bacak denge alıştırmaları diz yaralanmalarında %72 oranında azalma oluşturduğu

tespit edilmiştir. Anatomik ve biyomekanik faktörlerden dolayı kadın sporcuların, özellikle diz ve ayak bileğindeki yaralanmalara, erkek sporculara oranla daha fazla yatkın oldukları tespit edilmiştir (Ateş, vd., 2017).

Spor dallarından Amerikan futbolu rakip ile direk temas içermektedir. Oyuncular arası çarpışmalar sıklıkla şiddetlidir ve çarpışma sonrası ciddi düşmeler meydana gelmektedir. Bu sebeple denge; çarpışmalar ve düşmeler sonrası hızlı toparlanma becerisinde, önemli bir role sahiptir. Voleybolda ise dayanıklılık, esneklik, hız, çabukluk gibi yeteneklere sahip olunması gerekmektedir. Bu özellikler beceri, koordinasyon ve denge ile perçinlenirse smaç, sıçrama gibi oyunun önemli anlarında hata yapma ve sakatlanma riski önlenmiş olacaktır (Kılıç, 2018).

Denge konusu spor dalları için incelendiğinde karşımıza çıkan önemli branşlardan biri de badminton spor dalıdır. Badminton oyunu hem antrenman hem de müsabakalarda aniden oluşan hamlelere karşı statik ve dinamik dengenin en iyi şekilde koordine edilmesini gerektiren bir branştır (Arslanoğlu vd., 2010). Bu sebeple denge antrenmanları sporcuların daha iyi koordine olabilmesini ve vücut denge yeteneklerini artırarak kas-iskelet sistemi yaralanmalarını azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Özellikle kadın sporcularda daha sık görülen kas-iskelet yaralanmalarının önlenmesinde denge antrenmanlarının etkili olduğu belirtilmektedir (Ateş vd., 2017).

Jimnastik antrenmanlarının yapısında statik ve dinamik dengeyi geliştirmeye yönelik çalışmaların daha çok yer alması, futbolda ise zeminin tam olarak düz olmaması ve bu zeminde dengenin sağlanabilmesi, saha ve diğer oyuncuların gözlemlenebilmesi için proprioseptif duyarlılığın daha gelişmiş olduğu sanılmaktadır. Diğer taraftan denge skorları ile boy uzunluğu ve vücut ağırlığı ortalamaları arasındaki tespit edilen pozitif ve orta düzeyde ilişki göz önünde bulundurulursa jimnastikçilerin basketbolculara göre daha kısa boylu ve vücut ağırlıklarının daha düşük olması bu sonuçların çıkmasında etkili olabilir. Sonuç olarak jimnastikçilerin denge performansının basketbolculara göre daha yüksek olduğu, futbolculara göre ise sadece dinamik denge performansının daha gelişmiş olduğu saptanmıştır. Futbolcuların denge performanslarının hem basketbolculara hem de jimnastikçilere yakın olduğu, basketbolcuların ve futbolcuların denge yetisi bakımından birbirine benzer özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir (Erkmen, vd., 2007).

3.4.Kuvvet

Fizik biliminde kuvvet kavramı; duran bir cismin hareketine başlamasını veya hareket halindeki bir cismin durmasını sağlayan etki olarak açıklanmaktadır. Sportif anlamda kuvvet kavramı ise; vücudun bir bölümü veya tamamının kütlesi ya da ilgili spor dalında kullanılan aracın kütlesinden kaynaklanan bir dirence karşı koyan, direnci yenen etki olarak tanımlanabilmektedir (Heper vd., 2012).

Kuvvet için bilimsel literatürde birçok tanım kullanılmaktadır. Steindler (1935), kuvveti "gücün maksimal açığa vurulması" olarak tanımlarken; Müller (1970) ise "tek bir kasılma ile hareketsiz bir dirence karşı kullanılabilen maksimal güç" olarak tanımlamaktadır. Atha (1981) ise kuvveti, "sınırsız süredeki tek bir kasılmadaki sert bir dirence karşı güç geliştirme yeteneği" olarak tanımlamıştır. Bu tanımlama, tüm kuvvetin maksimal izometrik bir efor olduğunu gösterir. Ancak birçok spor bilimcisi, bu tanımlamaya karşı çıkarak güç üretiminin hareket hızı ve dayanıklılıkta önemli olduğunu vurgular. Böylece maksimal izometrik bir kasılmanın olduğu kuvvet tanımlaması, tüm şartlarda kuvvetin tanımlaması için yeterli değildir (Manilal, 2006).

Hollmann ve Hettinger (Gündüz, 1997) kondisyon düzeyi açısından kuvveti, "bir kasın belirli bir dirence karşı kasılması veya bu dirence karşı istenilen kasılma düzeyini sürdürme yeteneği" olarak tanımlamışlardır. Kuvvet genel olarak, "belirli bir hareket hızında yapılan belli bir hareket örneğini gerçekleştirebilen bir kas veya kas grubunun maksimum kuvvet miktarı" olarak açıklanabilir (Stoppani, 2006). Bu tanıma göre, kuvvet üretimi sadece kas sistemine değil, aynı zamanda sinir sistemine de bağlıdır. Zira kuvvet, bir dirence veya bir nesneye karşı koyabilme yeteneği olarak kabul edilse de, bu yeteneğin ortaya çıkması için sinir sistemine ve iyi bir sinir-kas koordinasyonuna ihtiyaç vardır. Dolayısıyla, kuvvet, kas liflerine gelen sinirsel uyarılarla doğrudan ilişkilidir (Taşkiran, 2003).

Fizyolojik bir bakış açısıyla, kuvvet, kas çalışma biçimlerine göre dinamik ve statik olarak ikiye ayrılabilir. Dinamik kuvvet, kasın aktif olarak bir dirence karşı koyarak boyunda kısılma veya direncin kas kuvvetinden büyük olması durumunda kasın boyunda uzama gibi bir çalışma biçiminde elde edilen kuvvettir. Ayrıca, iki kas çalışmasının birleştirildiği hareketlerdeki kuvvet türü de dinamik kuvvet olarak adlandırılır. Bir dirence karşı koyarken kuvvetin durumunu koruduğu çalışma biçimi,

statik kuvvet olarak bilinir. Direnç karşısında kuvvetin aşılması gereken türler, spor uygulamalarında en yaygın olanlardır. Bu tür kuvvet, vücudun kendi ağırlığını, bir dış ağırlığı veya sürtünme direncini yenme yeteneği sayesinde oluşur (Muratlı vd., 2005).

Kuvvet, bir cismin hareketini veya şeklini değiştirmek için uygulanan etkiyi temsil eden vektörel bir büyüklüktür. Isaac Newton'un bilime yaptığı katkılar nedeniyle, kuvvet birimi "Newton" olarak adlandırılmıştır. Newton'un üç hareket yasası, bir cismin üzerine etki eden kuvvetlerle cismin yaptığı hareket arasındaki ilişkileri açıklamaktadır (Nuhoglu, 2008). Newton'un hareket yasaları, spor dallarından örneklerle açıklanabilir ve anlaşılabilir. Örneğin, bir futbol topuna vurulduğunda uygulanan kuvvet, topun hareketini ve yönünü belirler. Aynı şekilde, bir atletin koşu sırasında uyguladığı kuvvet, hızını ve hareketinin yönünü belirler. Bu yasalar, sporcuların performansını ve hareketlerini anlamak ve geliştirmek için önemli bir temel oluşturur.

Newton'un birinci yasası olarak bilinen eylemsizlik yasası, bir cismin dış bir kuvvet tarafından etkilenmediği sürece durma veya eşit ve doğrusal bir hızla ve yönle hareketine devam etme eğiliminde olduğunu belirtmektedir (İpek Akbulut, 2013). Tenis gibi spor dallarında, sporcular performanslarını geliştirmek için fizik prensiplerinden yararlanmaktadır. Kuvvet ve hareket kavramları, vuruş gücü, bacakların itiş, gövdenin dönüşü, omuzların hareketi ve kolun etrafındaki dönüş gibi faktörlerle ilişkilidir. Bu faktörler, raketin pozisyonuna bağlı olarak değişen mesafe etrafında önemli bir rol oynamaktadır. Tenis sporunda, oyuncuların topa ivme kazandırmak için vuruş sırasında uyguladıkları kuvvetin büyüklüğü kritik bir öneme sahiptir. Bununla birlikte, kütle de tenis oyunu için önemli bir faktördür. Raketin kütlesi arttıkça, oyuncunun kavrama güçlüğü yaşaması ve sıvazlama sırasında hareket kabiliyetinin kısıtlanması gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Diğer yandan, daha hafif bir raketin kullanılması da sporcunun performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Haake, 2012).

Eylemsizlik ilkesinin başka bir uygulaması golf sporunda gözlemlenebilmektedir. Bir golf topuna kuvvet uygulanmadığı sürece top hareketsiz kalmaktadır. Golf sopası aracılığıyla uygulanan kuvvet, golf topuna ivme kazandırır ve onu hareketlendirir. Bu sayede, top belirli bir karşı kuvvet uygulanmadığı sürece hareketine devam etmektedir (Penner, 2001).

Cisme kuvvet uygulanması sonucu zamanla hızında veya yönünde oluşan değişim ivme olarak tanımlanmaktadır. Bir cismin hareket durumunu değiştirmek, yani onu hızlandırmak veya yavaşlatmak için gereken kuvvet, kütlesi ile orantılıdır. Kütlesi diğerinin iki katı olan bir cismi hızlandırmak veya yavaşlatmak için iki katı kuvvet gerekmektedir. Diğer bir deyişle kütle ile kuvvet doğru orantılı değişim göstermekte iken, kütle ile ivme ters orantılı değişim göstermektedir. Bu kavram Newton'un ikinci yasası olarak bilinmektedir (Emre, 2022).

Newton'un ikinci yasası golf branşında da gözlemlenebilmektedir. Golf müsabakalarında uzak mesafedeki deliklere topu gönderebilmek amacıyla topa sopa aracılığıyla sertçe vurulmaktadır ve burada "sert" olarak ifade edilmek istenen fizik kavramı büyük bir kuvvetin uygulanmasıdır. Büyük bir kuvvetle yüksek hızda ilerleyen topun deliğe ulaşınca kadar hızını koruması amaçlanmaktadır (Güney, 2019).

Newton'un son yasası olan üçüncü yasası etki tepki yasası olarak bilinmektedir. Bu yasaya göre cisme etki eden kuvvete tepki olarak eşit büyüklükte ve zıt yönlü dengeleyici bir kuvvet uygulanmaktadır (Ertürk, 2012). Cismin üzerine uygulanan dengeleyici kuvvetlerin toplamı sıfırdır. Servis ile başlanan tenis oyununda servis kullanan oyuncunun raket ile topa uyguladığı kuvvet sayesinde topun kazandığı hız; rakip oyuncunun belli bir hız ile gelen topa zıt yönlü kuvvet uygulayarak karşılık vermesi Newton'un etkiye tepki yasası ile açıklanmaktadır (Demirçalı, 2006). Yüksek gerilime sahip bir tel ile daha küçük bir ip gerilimine sahip raket arasındaki fark, topun raketten ayrılma hızıdır. Yüksek gerilimli raketten ayrılan top daha hızlı hareket ederken düşük gerilime sahip raketten ayrılan top daha yavaş ilerlemektedir. Etki tepki yasası; cisme uygulanan kuvvete ters yönde fakat aynı büyüklükte bir tepki kuvveti mevcuttur şeklinde açıklama yapmaktadır (Can, 2014).

Newton'un üçüncü yasası olan etki tepki yasası, top ile oynanan spor dallarından golf branşıyla da ilişkilidir. Topa belirli bir kuvvet uygulanması ve bu kuvvete eşdeğer büyüklükte kuvvetin top tarafından sopaya uygulanması beraberinde sporcunun bu tepki kuvvetini elinde hissetmesiyle yasa açıklanmaktadır (Grimshaw, 2019).

Kuvvet yeteneğinde vücut, bir dirence karşı kuvvet uygulamaktadır ve bu direnç sportif aktiviteler esnasında değişebilmektedir. Örneğin koşarken karşı konulması gereken direnç, kendi vücut ağırlığıdır. Yüzme sporuyla uğraşan bir sporcu, suya

karşı bir direnç uygulamaktadır. Gülle atıcısı ise direnç olarak gülleyle karşı bir kuvvet uygulamaktadır (Wiggins-James vd., 2005). Yani karşı konulan direnç, vücut ağırlığıyla sağlandığı gibi, bacakların kuvvetlendirilmesi için uygulanan sıçrama hareketlerini, rüzgâra karşı koşuları, tepe koşularını, değişik ağırlıklarla yapılan kol-bacak fırlatmalarını ve kaldırılan ağırlıkları içermektedir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Kuvvet, vücut ağırlığına göre absolut (mutlak) ve relatif (bağıl) kuvvet olarak ikiye ayrılmaktadır. Absolut kuvvet, maksimal bir dirence karşı kasların maksimal aktivitesi olarak ifade edilirken; relatif kuvvet ise mutlak kuvvetin vücut ağırlığına bölünerek elde edildiği değerdir. Sporcuların kendi vücut ağırlığının üstesinden gelmesini gerektiren uzun ve yüksek atlama ile sprint yarışmaları gibi vücut ağırlığı sınıflandırması olan sporlar genellikle relatif kuvvete bağlıdır. Ayrıca dövüş sanatlarında mücadele şekilleri, artistik buz pateni ve jimnastik gibi estetik ihtiyaçlara sahip sporlar, çoğunlukla vücut ağırlığında önemli bir artma olmaksızın kuvvet gelişimine bağlıdır (Manilal, 2006; Ratamess, 2012).

Kuvvet kapsamında değerlendirilmesi gereken bir diğer önemli kavram sürtünme kuvvetidir. Sürtünme kuvveti, temas halinde olan cisimler arasında oluşan ve harekete zıt yönde etki eden bir kuvvettir (Şimşek vd., 2019). Canlıların yaşamında önemli bir rol oynayan sürtünme kuvveti, spor müsabakalarında aşılması gereken bir eşik değer olarak kabul edilmektedir. Belirli bir hareketin gerçekleştirilebilmesi için cisme uygulanan kuvvetin zeminin sürtünme katsayısına bağlı olan statik sürtünme kuvvetini aşması gerekmektedir. Dahası, bu eşik değeri aştıktan sonra ne kadar fazla kuvvet uygulanırsa, sporda başarı sağlanabilmesi o kadar mümkün olmaktadır (Gedikli, 2018).

Yukarıda yapılan açıklamayı bir spor dalıyla örneklendirirsek; yüzme branşında yüzey alanının azaltılması sürtünme kuvvetinin azaltılması anlamına gelmektedir. Bu durum da yüzücünün hızlanmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, yüzücüler suyun içindeyken parmaklarını kapatarak yüzme eylemini gerçekleştirir veya vücutlarını zeminle paralel hale getirerek yüzerlerse olabilecek en az temas yüzeyi ile suyu yarararak ilerleyebilmektedir. Bu yüzden, özellikle spor yarışmalarında sürtünmeyi azaltabilmek rakiplere kıyasla yarışmacıya önemli bir avantaj sağlamaktadır. Sürtünme kuvvetinin önemini gösteren spor dallarından birçoğu da buz üzerinde oynananlardır (Du ve Hong,

2023). Buz patenini ele almak gerekirse, sporcunun hareket senkronizasyonu ve denge kabiliyetini en üst seviyede tutmak için patenler ile buz arasındaki tutuşun sağlam olmasında yarar vardır. Sürtünme sonucu açığa çıkan ısı buzun üst katmanında ısınma ve erimeye neden olmakta ve oluşan yarı sıvı akışkan buzun üzerinde bir katman olarak birirmektedir (Kesepara ve Tatar, 2023).

Curling sporu incelendiğinde içeriğinde sürtünme kuvveti, momentum ve Newton yasalarını barındırdığından görülmektedir. Bu spor dalı 16. Yüzyılda İskoçya'da 42 kiloluk düz kayaları buzun üzerinde iterek gol atmak maksadıyla ev olarak adlandırdıkları bir boğa gözünün içine yerleştirmeye çalışarak oynanmıştır (Özdemir ve Şebin, 2020). Günümüzde ise; buzun üzerinde taşı iten bir sporcu ve taşın ilerlemesine yardımcı olan iki süpürücü bulunmaktadır. Bu sporda en önemli ayrıntı buzda süpürücülerdir.

Tenis kortundaki sürtünme kuvveti, topun zeminle temasını ve kaymasını etkilemektedir. Bu da topun zeminde nasıl seyredeceğini ve zıplamasını belirlemektedir. Tenis topu havada ilerlerken hava direnciyle karşılaşmaktadır. Hava direnci, topun uçuşunu etkileyerek hızını azaltır ve yönünü değiştirebilmektedir (Yüksel, 2014).

Curling sporunda süpürücüler, taşın yönünü değiştirmeye ve taşın hareket ettiği mesafeyi artırmaya yardımcı olmaktadır. Süpürücülerin giydiği tüm ekipmanlar fizik bilimi ile tasarlanmaktadır. Sporcuların ayakkabıları sürtünmeyi kendi avantajlarına kullanmayı sağlayan bir yapıya sahiptir. Ayakkabılarda lastik tutucular sayesinde oyuncuların buzda koşarken düşmemeleri amaçlanmaktadır. Bu spor dalı strateji, beceri, takım çalışması ve güçlü bir anlayış içermektedir. Süpürücüler taş ve buz arasındaki sürtünmeyi azaltmaya çalışmaktadır. Süpürme ile oluşan su, taşın kaymasını kolaylaştıran bir kayganlaştırıcı görevi görmektedir. Bir cismin yüzey alanı ne kadar küçükse o kadar az sürtünme yaratmaktadır (Esser, 2011).

Sporda değerlendirilmesi gereken bir diğer önemli kuvvet türü ise çekim kuvvetidir. Çekim kuvveti, kütlesi olan cisimlerin birbirleri üzerine etki göstermesidir. Bir cisim diğer cisimlerin uyguladığı çekim kuvveti iki cisim birbirine yakın kütlede veya çok uzak mesafede bulunmaları durumunda açıklanabilmektedir (Türker, 2009).

Dünya üzerinde bulunan bir sporcuyu en fazla etkileyen çekim kuvveti yer çekimidir. Yer çekiminin hem günlük yaşamda hem de spor dünyasında büyük etkileri

mevcuttur. Öncelikle yukarıda bahsedilen sürtünme kuvvetinin var olması için yer çekimi gerekmektedir. İkinci olarak atış ve yükseklik içeren spor dallarında iniş yapılan noktanın belirlenebilmesi yer çekimine bağlıdır (Çalışkan, 2013). Örneğin toplu sporlarda; futbolda topa vurulduktan sonra topu isabet ettirebilmek amacıyla yer çekimi kuvveti hesaba katılmalı veya basketbolda topun potaya isabet ettirilmesi için gereken rotayı çizerken yer çekimi kuvveti hesaba katılmalıdır. Cirit ya da gülle gibi topu fırlatma gerektiren spor branşlarında, topa etki eden yer çekimi kuvveti sonucunda top eğik atış hareketi göstermektedir. Son olarak, dalış sporunda sporcunun havuza, denize inebilmesini sağlayan kuvvet yer çekimi kuvvetidir (Tortum, 2017).

Bulgay ve Polat (2017) yaptıkları çalışmada elit seviyedeki serbest güreşçilerde kuvvet ve denge performansının ilişkili olabileceğini öngörmektedir. Özellikle bu ilişkinin daha kuvvetli olan sol bacak da olduğunu gözlemlemektedir. Güreşçilere antrenman programlarında kuvvet ve denge ilişkisini kavrayarak performanslarını birlikte geliştirmeleri önerilmektedir. Bunun yanı sıra sakatlık durumları da dikkate alınarak farklı yaş, cinsiyet ve seviyedeki güreşçilerde kuvvet ve denge değerlendirmeleri yapılabilmektedir. (Bulgay ve Polat, 2017).

Güreş sporcularının fizyolojik ve motorik parametreleri incelendiğinde, anaerobik enerji sisteminin baskın olarak kullanıldığı, sürat, kuvvet, çabukluk, esneklik, denge, kassal ve kardiyovasküler dayanıklılık, koordinasyon gibi faktörlerin performansı etkilediği bilinmektedir. Kuvvet, içsel ve dışsal direnmeleri aşmayı sağlayan sinir-kas yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Sporcunun üretebileceği en yüksek kuvvet, hareketin biyomekaniksel özelliğine ve ilgili kas gruplarının kasılma büyüklüğüne bağlıdır (Hekim ve Hekim, 2015).

Kriket ve beyzbol; fizik biliminin birçok prensibini içeren spor dallarıdır. Kriket ve beyzbol sporlarının bazı temel fiziksel prensipleri bulunmaktadır. Kriket ve beyzbol topu havada seyri sırasında hava direnciyle karşılaşmaktadır. Hava direnci, topun uçuşunu etkileyerek hızını azaltmakta ve yönünü değiştirebilmektedir (Adair, 1995). Bu durum, oyuncuların vuruşlarını ve topun nereye gideceğini tahmin etmelerini zorlaştırmaktadır. Topun zeminle teması, topun zıplama davranışını etkilemektedir. Zeminin sertliği, topun zıplama yüksekliğini ve hızını belirlemektedir. Oyuncuların topu

yakalaması ve kontrol etmesi de zeminin sürtünme kuvvetiyle ilişkilendirilmektedir (White, 2010).

Amerikan futbolu, birçok fiziksel prensip ve kanunu içeren karmaşık bir spor dalıdır. Amerikan futbolunun fizik bilimi ile ilişkisi şu şekillerde özetlenebilir. Amerikan futbolunda oyuncuların hareketleri, Newton'un hareket yasalarına tabidir. Oyuncuların hızlanması, durması, dönmesi ve çarpışmaları, bu temel fizik prensiplerine dayanır. Momentum ve Çarpışma: Amerikan futbolunda oyuncular arasındaki çarpışmalar, momentum ve çarpışma kavramlarına dayanır (Gay, 2004). Oyuncuların kütlesi, hızı ve yönü, çarpışmanın etkilerini belirlemektedir. Oyuncuların birbirleriyle teması sırasında kinetik enerji dönüşümü gerçekleşmektedir. Bu enerji transferi, oyuncuların hareketlerini etkileyip çarpışmaların şiddetini belirlemektedir. Oyuncuların ayakkabıları ve zemin arasındaki sürtünme kuvveti, hızlanma, durma ve dönme yeteneklerini etkilemektedir. Amerikan futbolunda oyuncuların dengeyi koruması, vücut mekaniği ve denge prensiplerine dayanmaktadır. Oyuncuların pozisyon almaları, çarpışmalara hazırlıklı olmaları ve dengeyi sağlamaları önemli bir konudur. Bu fiziksel prensipler, Amerikan futbolunun oyun stratejilerini, ekipman tasarımını ve oyuncu performansını etkilemektedir (White, 2010).

Bütün spor dallarında kuvvetin başarıya etkisi evrensel olarak kabul görmektedir. Özellikle ağırlık kategorilerine dayalı sporlarda, kuvvetin hem niteliği hem de niceliği büyük önem taşımaktadır. Günümüzde, bir sporcu ne kadar kuvvetli olduğu sadece fiziksel görünümüleriyle değil, aynı zamanda vücut ağırlıkları başına ürettikleri kuvvetle de değerlendirilmektedir. Bu, sporcunun ne kadar güçlü olduğunu ölçmede kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Örneğin, güreşte veya halterde, sporcunun belirli bir ağırlık kategorisinde rekabet ederken ne kadar kuvvet üretebildiği, performansının belirleyici bir faktörü olabilir. Bu bağlamda, sporcuların kuvvet geliştirmeye odaklanmaları ve kuvvetlerini optimum seviyeye çıkarmaları, başarılarını artırmak için hayati önem taşımaktadır (Cieśliński vd., 2021).

3.5.Enerji

İş, bir cismin üzerine kuvvet uygulanması sonucu cismin uygulanan net kuvvet yönünde yer değiştirmesinin skaler bir ölçüsüdür. Enerji ise cismin iş yapabilme kabiliyetidir ve enerjideki toplam değişim yapılan işe eşittir. Enerjinin kinetik,

potansiyel, esneklik potansiyel enerjisi başta olmak üzere farklı türleri mevcuttur ve bu türler arasında dönüşüm sağlanabilmektedir. Teorik olarak enerji asla kaybolmaz, yalnızca bir halden başka bir hale dönüşebilmektedir (Güneş ve Akdağ, 2015).

Fizikte enerji kavramı spor dallarından biri olan sırkla atlamada ele alınabilmektedir. Sporcular tarafından gerçekleştirilen sırkla atlama sırasında, fiziğin bir diğer kavramı olan farklı enerji türlerinden bahsedilmektedir. İlk olarak, sporcu koşarken kimyasal enerjiyi hareket (kinetik) enerjisine daha sonra sahip olduğu kinetik enerjiyi esneklik potansiyel enerjisine ve son olarak çubuktan uzaklaşma sağlarken tekrar kinetik enerjiye dönüştürmektedir (Schade and Arampatzis, 2012).

Uzun ve elastik bir sırkla koşarak ivmelenen ve hız kazanan atlet sıırğı belli bir noktaya sabitleyerek kinetik enerjisinin bir kısmını sıırğa aktarır ve sıırkta esneklik potansiyel enerjisi birikmesine neden olmaktadır. Tepe noktasına yaklaştıkça bu esneklik potansiyel enerjisi potansiyel enerjiye dönüşmektedir ve atletin ulaştığı en yüksek noktada potansiyel enerji maksimum değere sahip olmaktadır. Bu noktada sırk ilk haline dönmüş olup sıırkta biriken esneklik potansiyel enerjisinin tamamını atlete potansiyel enerji olarak aktarmaktadır ve esneklik potansiyel enerjisi sıırılanmaktadır (Çoşkuntürk, 2023).

Atletlerin başarılı olabilmeleri için dikkat edilmesi gereken bazı püf noktalar bulunmaktadır. Sporcu, zıplama eylemi sırasında transfer edilebilecek kinetik enerji miktarını en üst düzeye çıkarabilmek adına, başlangıç koşusu esnasında mümkün olan en yüksek hıza ulaşmalıdır. Bir diğer nokta ise çubuğun elastikiyetidir. Sırk ne kadar elastik ve dayanıklı diğer bir deyişle enerjiyi aktarmaya yatkın olursa enerji dönüşümü sırasında ısıya dönüşen enerji minimize edilmektedir ve dönüşüm o kadar verimli gerçekleştirilebilmektedir. Son olarak çubuk üzerinden atlamanın gerçekleştiği anda sırk dümdüz olması gerekmektedir ve sıırkta biriken esneklik potansiyel enerjisinin tamamı potansiyel enerji olarak aktarılmaktadır (Çoşkuntürk, 2023).

Cirit atma sporunda da enerji analizi yapılabilmektedir. Cirit adı verilen sopa, atıcının elinden belli bir hızda çıkar, bir yüksekliğe çıkan cirit yüksekliğini azaltarak alçalmaya başlar ve bir noktada toprağa saplanır. Bu mesafenin büyüklüğü temel alınarak müsabakalarda derecelendirme yapılmaktadır. Yani, başlangıç noktası ile saplanma noktası arası uzaklık maksimize edilmeye çalışılmaktadır. Bunun için atış

mekanizmasının detaylı bir biçimde analiz edilmesi gerekmektedir (McGinnis, 2013). Ciritin rotası düşünüldüğünde yaptığı hareket enerji dönüşümüyle açıklanmaktadır. İlk başta sporcunun elinden çıkan ciritin hızı, ciritin tüm rota boyunca sahip olacağı enerjiyi belirler çünkü sahip olacağı tüm enerji ilk başta sporcunun elinden çıktığı kinetik enerjiye eşittir ve tüm rota boyunca bu enerji önce potansiyel enerjiye ardından tekrardan kinetik enerjiye dönüşmektedir. Atış hızından bağımsız olarak kat edilen mesafe, atışın eğimi ve ciritin sporcunun elinden çıkış açısı gibi faktörlerden etkilenmektedir (Carr, 2013).

Rugby maçlarında oyuncular arasındaki temas sırasında gerçekleşen çarpışmalar, enerji transferi prensiplerine dayanmaktadır. Oyuncular arasındaki çarpışma anında kinetik enerji dönüşümü yaşanmaktadır (Edwards vd., 2021). Bu süreç, kinetik enerjinin farklı şekillerde dönüşümünü içermektedir. Rugby oyuncuları, yüksek hızlarda koşarken veya birbirleriyle temas halindeyken kinetik enerjiye sahip olmaktadır. Oyuncular arasındaki temas sırasında, bu kinetik enerji çarpışma anında farklı şekillerde dönüşebilmektedir. Örneğin, bir oyuncunun durması veya yavaşlaması durumunda kinetik enerji termal enerjiye dönüşebilmektedir. Çarpışma anında, oyuncular arasındaki kinetik enerjinin bir kısmı emilmekte ve deformasyon meydana gelmektedir (Worsfold, P., and McClymont, D. 2014). Bu deformasyon, enerjinin bir kısmının termal enerjiye dönüşmesine neden olabilmektedir. Aynı zamanda, çarpışma sırasında enerjinin bir kısmı da yayılmakta ve çevreye transfer edilebilmektedir. Çarpışma anında, oyuncular arasındaki momentum değişimi, enerji dönüşümüyle ilişkilidir. İmpuls kavramı da burada devreye girmektedir; bir oyuncunun diğerine uyguladığı kuvvet, çarpışma anında momentum değişimine ve dolayısıyla enerji dönüşümüne yol açmaktadır. Çarpışma sırasında kinetik enerjinin bir kısmı elastik deformasyonlarla saklanmakta ve daha sonra serbest bırakılabilmektedir. Bu durum, oyuncuların hızlarını kontrol etmelerine ve çarpışma sonrası hareketlerine etki edebilmektedir (Preatoni vd., 2012).

Okçulukta yayın gerilmesi ve serbest bırakılması sürecinde enerjinin dönüşümü, fiziksel prensiplerle açıklanmaktadır. Yayın kirişi gerildiğinde, okçu tarafından uygulanan kas enerjisi yayın bükülmesine neden olmaktadır ve bu enerji potansiyel enerji olarak yayda depolanmaktadır. Yayın kirişi serbest bırakıldığında, yaydaki potansiyel enerji aniden serbest kalmaktadır ve bu enerji okun kinetik enerjisine

dönüşmektedir. Yay tasarımcısının amacı, yayda kullanılan malzemelerin dayanabileceği en üst enerji sınırına erişmektir. Bu, yayın maksimum potansiyel enerjiyi depolayabilmesi ve bunu serbest bırakıldığında maksimum kinetik enerjiye dönüştürebilmesi anlamına gelmektedir (Kooi, 1981). Yay tasarımcıları, yayın yapısını, malzemesini ve gerilme özelliklerini dikkatlice hesaplayarak, istenilen enerji depolama ve serbest bırakma süreçlerini optimize etmeye çalışmaktadırlar. Böylece, okçuların en etkili ve güçlü atışları gerçekleştirebilmeleri için gereken enerjiyi yaydan elde edebilmektedirler. Bu nedenle, yay tasarımcılarının tasarım ve malzeme seçimi, yayın maksimum performansını sağlamak için kritik bir öneme sahiptir (Bir vd., 2006).

Fizikteki enerji kavramının spor dallarına uyarlanması, sporcuların performansını anlamak ve optimize etmek için temel bir çerçeve sunar; bu bağlamda enerji, hem fiziksel hareketlerin etkinliği hem de dayanıklılık ve verimlilik açısından sporun tüm alanlarında merkezi bir rol oynamaktadır.

3.6.Tork ve Açısal Momentum

Bir cismin dönme eksenine dik yönde uygulanan kuvvet sonucunda gösterdiği dönme eğilimine tork, bir cismin dönüş hareketine devam etme isteğinin bir göstergesi ise açısal momentum olarak tanımlanmaktadır. Açısal momentum cismin kütlesine, hızına ve şekline bağlı fiziksel niceliktir. Tork ve açısal momentum kavramları vektörel büyüklüklerdir (Ueda vd., 2004).

Fizikte bir başka önemli kavram ise açısal momentumun korunumudur. Örneğin, patenlerinin ucunu açan bir artistik patenci dış kuvvetlerin yokluğunda, açısal momentumu neredeyse sabit kabul edilebilmektedir. Sporcu kollarını ve bir bacağına içe doğru çektiğinde, dönme eksenini ile kütlesinin bir kısmı arasındaki mesafeyi azaltarak eylemsizlik momenti ve hava sürtünmesini azaltmaktadır. Bu sebeple dönme hızı artmaktadır (Özkaya vd., 2019).

Birden fazla cisim söz konusu olduğu zaman, cisimler arasında esnek olan ve esnek olmayan çarpışma olarak iki farklı çarpışma türünden bahsedilebilmektedir. Esnek çarpışmalarda hem enerji hem de momentum korunumu söz konusudur (Cross, 2011). Aksine esnek olmayan çarpışmada yalnızca momentum korunur, enerji korunumundan bahsedilememektedir. Momentum korunumunun büyük bir rol oynadığı spor türleri raketli ya da sopalı sporlar olarak gösterilebilmektedir Momentum

korunumunun net gözlemlenebileceği spor dallarından biri bilardodur. Bilardoda sopa aracılığıyla vurularak ivme kazandırılan top diğer toplara çarptığında çarpışma türünden bağımsız olarak momentumları korunur. Diğer bir deyişle, her topun kütlelerinin eşit olduğunu varsayıldığında gelen topun hız ve kütlelerinin çarpımı, dağılan topların kütle ve hızlarının vektörel toplamına eşittir. Sabit kuvvet uygulandığı varsayıldığında raketin kazandığı hız raketin kütlelerine doğrudan bağlı olmaktadır. Raket ne kadar ağırsa raketi savurmak, sallamak, raketle vuruş yapmak zorlaşmaktadır. Dolayısıyla sahip olduğu momentumu topa aktarması daha da güçleşmektedir. Raketin hafif olduğu durumda ise aksi söz konusudur (Dalton and Coyle, 2011).

Kriket ve beyzbol topunun oyuncularla teması sırasında gerçekleşen çarpışma, momentum ve enerji transferi prensiplerine dayanmaktadır. Oyuncuların topu vurması veya yakalaması, çarpışma anında momentumun korunumu ilkesine tabidir (White, 2010).

Uzun atlama, gülle atma, buz pateni veya dalma gibi spor dallarında tork ve açısal momentum önemli bir rol oynar. Uzun atlamadaki etkileri şu şekilde açıklanabilmektedir: Uzun atlama sırasında koşmaya başlayan atlet son sınır çizgisinde zıplar, ayaklarını içine çeker bunun nedeni yarıçapını azaltıp hızını artırmaya yöneliktir. Dalış sporunda ise benzer bir durum gözlenir. Dalış amacıyla atlama tahtasından ayrılan dalgıç suya hızlı girme amacıyla suya girinceye kadar ayaklarını içine çekerek hareket eder. Bu sayede yarıçapını azaltır ve hızını artırır (Ramey, 1974).

Açısal momentum kavramının gözlemlenebildiği bir diğer spor dalı ise gülle atmadır. Gülle atan atlet ipin ucuna bağlı olan gülleyi savurarak hareketine başlar. Elleri gövdesine kapalı haldeyken savurmaya devam eder, gülleyi elinden çıkartmadan hemen önce ellerini vücudundan uzaklaştırır ve gülleyi elinden çıkartır. Son olarak buz pateninde de bu kavramlara dikkat edildiğinde performansta büyük avantajlar sağlanmaktadır. Buz pateninin en bilinen hareketlerinden olan spin hareketinde patenci bu harekete başlamadan önce açık olan kollarını vücuduna yaklaştırarak dönme hızını artırır ve ivmesini arttırabilmektedir. Tekrardan yavaşlamak istemesi durumunda kollarını vücudundan uzaklaştırır, yarıçapını artırır ve momentum korunumunun sağlanması amacıyla hızı azalır (Haché, 2002).

Momentum, bir cismin kütlesinin hızıyla çarpımı olarak tanımlanan bir vektörel niceliktir. Momentum, bir cismin hareket miktarını ve hareket etme eğilimini temsil eder. Bir cismin momentumu, hem kütlesinin hem de hızının büyüklüğüne bağlıdır (Rizzo, 2023).

Momentumun korunumu ilkesi, bir sistem üzerine dış kuvvetlerin etkisi olmadığı durumlarda toplam momentumun korunduğunu belirtir. Yani, bir sistemdeki toplam momentum değişmezdir. Spor ekipmanlarıyla ilgili olarak, topun momentumu, topun kütlesi ve hızı arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Topun momentumu, topun hızı arttıkça ve kütlesi büyüdükçe artmaktadır. Bu nedenle, momentum kavramı, spor ekipmanlarının hareketini ve etkileşimlerini anlamak için önemli bir fiziksel büyüklüktür (Mehta, 2023).

Badminton oyununda, açısal momentum genellikle shuttlecock'un dönme hareketiyle ilişkilidir. Shuttlecock'un açısal momentumu, shuttlecock'un dönme hızı ve kütlesi arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Shuttlecock'un dönme hareketi, oyuncunun vuruşu sırasında shuttlecock'a uyguladığı dönme kuvvetiyle oluşur. Bu dönme kuvveti, shuttlecock'un açısal momentumunu etkiler ve ona bir dönme hareketi kazandırmaktadır. Badminton oyununda, oyuncuların shuttlecock'a uyguladığı dönme kuvveti ve shuttlecock'un açısal momentumu, shuttlecock'un uçuş yörüngesi ve davranışı üzerinde önemli bir rol oynar. Açısal momentum kavramı, badminton shuttlecock'unun dönme hareketini ve aerodinamik özelliklerini anlamak için önemli bir fiziksel büyüklüktür. Bu nedenle, badminton ve açısal momentum arasında bir ilişki vardır; çünkü shuttlecock'un dönme hareketi ve açısal momentumu, oyuncuların vuruşları ve shuttlecock'un uçuş davranışları arasında önemli bir etkileşim sağlar (Chan and Rossmann, 2012).

Cirit sporu ve açısal momentum arasındaki ilişki, ciritin fırlatılması ve uçuş süreci boyunca fiziksel prensiplere dayanmaktadır. Ciritin fırlatılması atıcının kuvvet uygulayarak ciriti hızla döndürmesiyle gerçekleşir. Atıcı, ciriti yuvarlama hareketi yaparken, cirit üzerinde bir açısal momentum oluşturur (Bartlett and Best, 1988). Bu, ciritin dönme hareketini başlatır. Ciritin fırlatılması sırasında, atıcı ciriti döndürdükçe, ciritin açısal momentumu artar. Ciritin hava tarafından etkilenmesiyle birlikte, ciritin uçuş sırasında açısal momentumu korunmaya çalışır. Hava direnci, ciritin uçuş sürecini

etkilerken, ciritin dönme hareketinin devam etmesine ve istikrarını korumasına yardımcı olur. Cirit atıcısı, atış sırasında ciritin uçuşunu kontrol etmek için açısız momentumu kullanır. Atış açısı, atıcının kuvvet uygulama açısına ve ciritin açısız momentumuna bağılı olarak belirlenir. İyi bir atış, ciritin hedefe doğru istikrarlı bir şekilde hareket etmesini sağlamak için açısız momentumun etkili bir şekilde kullanılmasını gerektirir. Bu açıklamalar, cirit sporu ve açısız momentum arasındaki ilişkiyi temsil etmektedir. Ciritin fırlatılması ve uçuşu boyunca, fiziksel prensipler, atıcının teknik becerisi ve açısız momentumun etkisi bir araya gelir ve ciritin istenilen hedefe doğru doğru şekilde yönlendirilmesini sağlamaktadır (Abdel ve Kader Ali, 2016).

3.7.Biyomekanik

Biyomekanik, canlıların hareket ve duruşlarını fiziksel prensiplerle inceleyen bilim dalıdır. Yaşam anlamına gelen 'biyo' ve cisimlerin kuvvüdtındaki davranışlarını inceleyen 'mekanik' kelimelerinin birleşimi sonucu oluşmuş biyomekanik; canlı organizmaların yapısı ve işlevi ile ilgili problemleri çözmek için fiziğin alt dalı olan mekanik prensiplerini kullanmaktadır (Bal ve Bulgan, 2020). Biyomekanikğin tam olarak kelime anlamı ise kuvvetlerin canlı sistemler üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Bu tanım ise, Herbert Hatze'nin 1974'te sunduğu biyomekanik tanımına çok yakındır: "Biyomekanik, mekanik yöntemlerle biyolojik sistemlerin yapısı ve işlevinin incelenmesidir". Biyomekanikğinin hedefleri spor ve egzersiz sayesinde performans iyileştirme, teknik iyileştirme, ekipman geliştirme, yaralanma önleme ve rehabilitasyondur (R. Rajput vd., 2019). Biyomekanik kavramının sporda kullanımının amacı, sporcu tekniğini geliştirmek, yaralanmaları önlemek, sporda kullanılan malzemelerin gelişmesini sağlamak, yeni antrenman yöntemleri geliştirmek şeklinde açıklanmaktadır (Bal ve Bulgan, 2020).

"Biyo" kelimesi, biyolojik organizmalarla ilgili her şeyi kapsamaktadır. Bu, hücrelerden dokulara, organlardan bütün organizmalara kadar geniş bir yelpazeyi içermektedir. Spor biyomekanikği kavramı ise özellikle insan vücudu üzerinde durmaktadır. İskelet sistemi, kaslar, tendonlar ve bağlar gibi yapılar, hareketin sağlanmasında kritik öneme sahiptir. Biyolojik sistemlerin karmaşıklığı ve dinamik yapısı, hareketin nasıl meydana geldiğini anlamada önemli rol oynamaktadır (Tozkoparan ve Karaduman, 2022).

"Mekanik" kelimesi, fiziksel kuvvetlerin ve hareketlerin incelenmesini ifade etmektedir. Mekanik prensipler, biyolojik sistemlerin nasıl hareket ettiğini anlamak için kullanılmaktadır. Newton'un hareket kanunları, enerji korunum yasaları ve kinematik prensipler gibi temel fizik kuralları, biyomekanik analizlerde uygulanmaktadır. İnsan vücudunun mekanik yapısı, biyolojik özellikleriyle birlikte çalışarak hareketi sağlamaktadır. Spor biyomekaniği, sporcuların performanslarını optimize eder ve sakatlanma risklerini azaltmaktadır. Spor biyomekaniği, sporcuların daha etkili ve güvenli bir şekilde antrenman yapmalarına yardımcı olur, böylece sporda başarı ve sağlık arasında denge kurulmasına olanak tanımaktadır (İskipci vd., 2022).

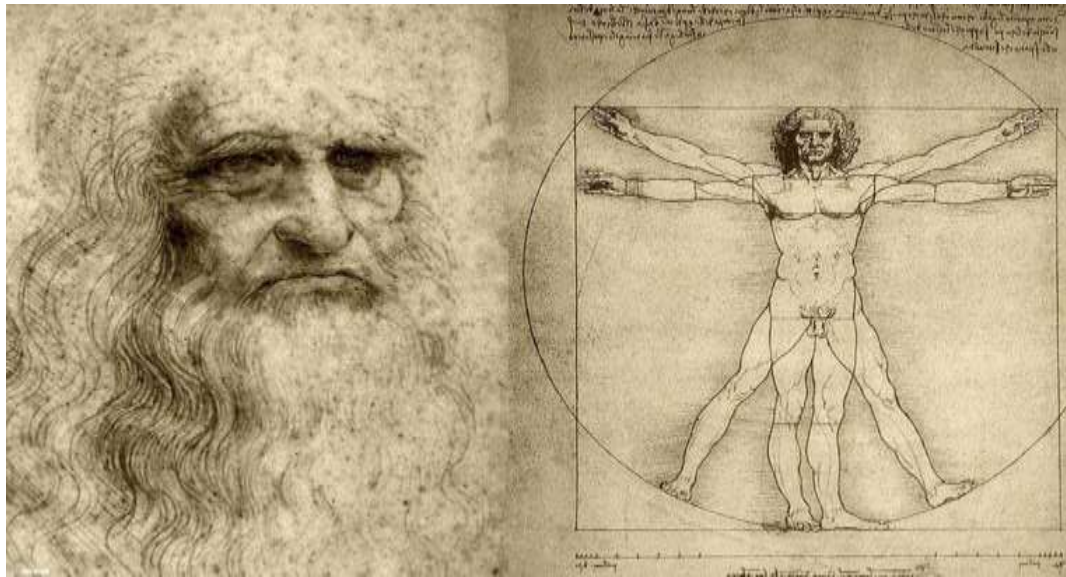
Biyomekanik, fiziğin temel prensiplerini kullanarak spor performansını analiz etmektedir. Sporcu hareketlerinin fiziği, Newton'un hareket kanunları, enerji korunum yasaları ve kinematik prensipleri gibi temel fizik kurallarıyla açıklanmaktadır. Biyomekanik, spor performansını artırma ve sakatlanmaları önleme konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Fizik bilgisi ile sporun kesişim noktasında yer alan biyomekanik, sporcuların hareketlerini bilimsel bir bakış açısıyla analiz ederek, hem bireysel hem de takım sporlarında önemli katkılar sağlar. Örneğin, bir sporcunun koşu hızını artırması, yerçekimi kuvveti ve yer tepkime kuvveti arasındaki etkileşimin optimize edilmesiyle mümkündür. Örneğin, bir basketbol atışı yaparken, sporcu topa belirli bir kuvvet uygulamaktadır ($F = m \cdot a$). Bu kuvvet, topun hızlanmasını ve yörüngesini belirlemektedir.

Biyomekanik çalışmaları, birçok spor dalında uygulanmaktadır. Futboldan jimnastiğe, yüzmeden atletizme kadar birçok spor dalında, sporcuların performanslarını artırmak ve sakatlanma risklerini azaltmak amacıyla yapılmaktadır. Biyomekanik analizler, sakatlanma risklerini belirleyerek önleyici tedbirler alınmasını sağlamaktadır. Spor hareketlerinin detaylı analizi, kinematik prensiplerle gerçekleştirilmektedir. Sporcuların vücut bölümlerinin hızı, ivmesi ve açıları incelenerek performans değerlendirilmektedir. Örneğin, yanlış bir koşu tekniği, biyomekanik analizlerle tespit edilip düzeltilebilmektedir.

Biyomekaniğin tarihçesi incelendiğinde Rönesans'ın önemli bir sanatçısı ve ressamı olan Leonardo Da Vinci (1452-1519) De Figura Humana'da (Şekil 13) mekanik felsefe ile insan anatomisini çalışmıştır. Biyomekanik Leonardo da Vinci'nin biyolojik

alışmalarında mekaniğın önemini vurguladığı 15. yüzyıla dayanmaktadır. Da Vinci omurga anatomisini, omur sayılarını, açılanmaları ve eklemleri o kadar doğru tanımlamıştır ki o tarihe kadar omurga yapısı hiç bu kadar detaylı incelenmemiştir. Servikal spinal omurga stabilitesinde kasların da çok önemli görevi olduğunu düşünmüştür. Anatominin modern anlamda ele alınması, biyomekaniğın anlaşılmasına önemli katkılar sağlamıştır. Özellikle insan vücudunun yapısal ve işlevsel özelliklerinin detaylı bir şekilde incelenmesi, biyomekanik analizlerin daha doğru ve kapsamlı bir şekilde yapılmasına olanak tanımıştır. Bu da, hem akademik çalışmaların derinleşmesine hem de klinik uygulamalarda daha etkili sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmuştur (Hamill ve Knutzen, 2006). Bu dönemde Eadweard Muybridge ve Étienne-Jules Marey, hareketin fotoğraflanması ve analiz edilmesi konularında öncülük etmiştir. Muybridge'in "hareketli hayvanların fotoğrafları" ve Marey'in "kronofotografı" teknikleri, insan hareketlerinin detaylı bir şekilde incelenmesine olanak sağlamıştır.

20. yüzyılın başlarında, A.V. Hill ve Otto Fischer gibi bilim insanları kasların mekanik özelliklerini ve enerjisini araştırarak biyomekaniğın temelini oluşturmışlardır. Hill, kasların enerji dönüşümü üzerine yaptığı çalışmalarla Nobel Ödülü kazanmıştır (Williams, 1977). Bu çalışmalar, spor biyomekaniği için önemli bir bilgi birikimi sağlamıştır.



Şekil 13. Leonardo Da Vinci'nin De Figura Humana'da mekanik felsefe ile insan anatomisi çalışması (<https://www.sanatinoykusu.com/leonardo-da-vinci/>)

Alana anatomi üzerine yaptığı çalışmalarla Andreas Vesalius (1514-1564), biyomekanik tarihinde önemli bir yere sahip olmuştur. Vesalius ile Leonardo Da Vinci arasında birkaç yıl olsa da, Leonardo'nun çalışmaları uzun süre gizli kalmıştır, bu sebeple Vesalius “anatominin babası” olma şerefine kavuşmuştur. Anatomik gelişmeleri doğrudan biyomekanik gelişmeler izlemektedir. Biyomekanik konusunda oldukça önemli bir portre olan mekaniğin fizyolojiye uygulandığı “iathrophysics” (tıbbi fizik) konseptinin kurucusu Giovanni Alfonso Borelli'den de söz etmek gerekmektedir. Borelli (1608- 1679) yaptığı çalışmalarla “spinal biyomekaniğin babası” olarak anılmaktadır. Matematik, fizik, fizyoloji, kimya ve astronomi üzerine eğitim alan Borelli, *De Motu Animalium* (Hayvanların Hareketleri) adlı eseri yayınlanan ilk biyomekanik kitabı olmuştur (Standring, 2021). Yaptığı çalışmalar ve kitabı ile biyomekaniğin yolunu açmıştır. 1680 yılında yayınlanan kitabın ilk bölümünde kas-iskelet sisteminin eksternal hareketleri, ikinci bölümde ise kasların fizyolojisi, kan dolaşımı gibi internal hareketler çalışılmıştır. Biyomekaniğin babası kabul edilen Giovanni Alfonso Borelli'nin (1608-1679) omurganın biyomekaniği üzerine ilginç saptamaları mevcuttur. Sadece spinal kasların ağır yükleri taşıyamayacağı sonucuna varmıştır. Servikal bölgeden yüklenen bir ağırlığın her bir omura ne kadar yük bindireceğini hesaplamış ve bu değerler 300 yıl geçmiş olmasına rağmen modern hesaplama yöntemleri ile desteklenmektedir. Borelli insan ağırlık merkezini saptayan ilk bilim insanıdır (Naderi ve Karakoç, 2020).



Şekil 14. Biyomekaniğin babası kabul edilen Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679)

1836’da ise Weber kardeşler makinalarla ilgilenmiş, yürüme ve koşmanın mekaniği hakkında çok ayrıntılı bir çalışma yayınlamışlardır. 1836-1902 yılları arasında yaşamış olan Alman bilim adamı Julius Wolff kemikler üzerine yaptığı çalışmalarla ünlenmiştir. Wolff kansellöz kemiğin mimarisinin kompresif ve tensil yüklemelere dönük bir trabekülasyon gösterdiğini belirlemiştir. Ortopedik cerrah olan Wolff kendi ismi ile anılan Wolff Kanununda şöyle demektedir; “Kemiğin her fonksiyon değişimi, matematik yasalarına bağlı kalınarak iç mimari ve dış konformasyonda değişiklik yapar” (Jang vd., 2009).



Şekil 15. Yapay zeka ile gelişen spor teknolojisi

(<https://www.isportconnect.com/ai-in-sport-its-only-going-to-get-bigger-faster-and-hopefully-better/>)

Spor biliminde, sporcuların branşlarına özgü yaptıkları her hareketi incelemek için araştırmacılar çeşitli çalışmalar geliştirmektedir. Mesela tecrübeli futbolcuların başarısında önemli rol oynayan temel özelliklerden biri topa daha etkili ve hızlı vuruş yapabilmeleridir. Altta yatan biyomekanik farklılıklar ortaya konarak, antrenman programlarının yeniden düzenlenmesi ve bilimsel veriler ışığında sportif performansın arttırılabilmesi mümkün olabilmektedir. 2007 yılında Kawamoto vd. 10-15 yıl arasında futbol tecrübesi olan erkek futbolcular ile herhangi bir futbol eğitimi almamış benzer yaş ve fiziksel özelliklere sahip kontrol grubunun topa vuruş anını 3 boyutlu hareket analiziyle kinematik ve kinetik veriler açısından değerlendirmiştir. Çalışmada temastan sonraki futbol topunun hızını belirleyen başlıca faktör, temastan hemen önceki ayağın

hızıdır. Topa vuruş öncesinde ayağa ait momentumun topa istenen şekilde iletilmemesi; ayak ve ayak bileğine ait deformasyonlar ve doğru pozisyonun sağlanamamasıyla açıklanmıştır (Caniberk vd., 2016).

Spor biyomekaniği analizi, sporcuların teknik hatalarını belirleyerek performanslarını artırmalarına yardımcı olmaktadır. Hareket analizleri sayesinde sporcuların hareket kalıpları, vücut mekaniği ve kuvvet uygulamaları detaylı bir şekilde incelenip optimize edilmektedir.

Biyomekanik analizler, sporcuların hareketlerindeki potansiyel risk faktörlerini belirleyerek sakatlanma riskini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Yanlış teknikler, aşırı yüklenme ve vücut mekaniği bozuklukları gibi faktörlerin tespit edilmesiyle önleyici önlemler alınabilmektedir.

Biyomekanik analizler, sporcuların ihtiyaçlarına ve hedeflerine uygun antrenman programlarının tasarlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Performansı artırmak, güçlenmek, esneklik kazanmak gibi hedeflere yönelik olarak kişiye özel antrenman programları oluşturulabilmektedir (Blazevich, 2017).

Spor biyomekaniği analizi, teknolojik gelişmelerin spor alanında kullanılmasını teşvik etmektedir. Hareket yakalama teknolojileri, sensörler, kameralar ve yazılımlar gibi yenilikçi araçlar sayesinde sporcuların performansları daha detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir.

Futbol biyomekaniği ise futbolcuların topa vurma tekniklerini, hareketlerini ve performanslarını inceleyerek bu bilgileri antrenman ve oyun stratejilerine dâhil etmeyi hedeflemektedir. Bu çalışma, futbolun karmaşık hareketlerini ve topun uçuşunu anlamak için fizik prensiplerini nasıl kullandığımızı göstermektedir. Örneğin, topa vururken topun hareketine etki eden kuvvetlerin ve açıların analizi, futbolcuların topu istedikleri şekilde kontrol etmelerine ve hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olabilmektedir. Bu bağlamda, futbol biyomekaniği çalışmaları, sporcuların tekniklerini geliştirmek, sakatlıkları önlemek ve performanslarını optimize etmek için fizik biliminin sağladığı bilgileri kullanarak spor pratiğine değerli katkılar sağlamaktadır. Bu da göstermektedir ki, fizik bilimi ve spor arasındaki ilişki, spor performansını anlamak ve geliştirmek için önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Bangsho vd., 2006).

Biyomekanik, atletizmde özellikle koşu, atlama ve atma gibi dallarda büyük bir öneme sahiptir. Örneğin, koşu esnasında vücut pozisyonu, adım uzunluğu, yere temas süresi ve kuvvet uygulama açısı gibi faktörler, bir sporcunun performansını doğrudan etkilemektedir. Yüksek atlama ve uzun atlama gibi dallarda, atlayış açısı, hız ve bacak kuvveti biyomekanik analizle optimize edilebilmektedir. Bu analizler, sporcuların en verimli atlama tekniğini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır (Cabarkapa vd., 2023).

Futbol gibi takım sporlarında biyomekanik, oyuncuların hareket kalıplarını inceleyerek performans artırımı ve sakatlanma önleme stratejileri geliştirmektedir. Örneğin, şut çekerken bacağın doğru açıda ve hızda hareket etmesi, topa uygulanan kuvvetin doğruluğunu etkilemektedir. Aynı şekilde, koşu sırasında bacak kaslarının koordinasyonu ve eklem açıları, hız ve dayanıklılık açısından önem taşımaktadır. Biyomekanik analizler, futbolcularda sık görülen diz ve ayak bileği sakatlanmalarını önlemek amacıyla kullanılabilmektedir.

Yüzme sporunda biyomekanik, suyun direncine karşı en az enerji harcayarak en yüksek hızı elde etme üzerine odaklanmaktadır. Yüzücülerin su içindeki vücut pozisyonu, el ve ayak vuruş teknikleri, rotasyonel hareketler ve nefes alma gibi faktörler biyomekanik analizlerle incelenmektedir. Örneğin, yüzme sırasında kol çekiş hareketinin suya uyguladığı kuvvet ve vücut rotasyon açısı, yüzücünün hızını ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir (Silva vd., 2008).

Basketbolda biyomekanik, özellikle atış, sıçrama ve savunma hareketlerinde etkili olmaktadır. Örneğin, serbest atış yaparken doğru atış açısı ve bilek hareketi, topun isabet oranını artırmaktadır. Ayrıca, sıçrama sırasında bacak kaslarının ve eklem açıların doğru kullanımı, oyuncunun maksimum yükseklik ve dengeye ulaşmasını sağlamaktadır. Biyomekanik analizler, basketbolcuların sıçrama yüksekliğini artırmak ve sakatlanmaları önlemek için kullanılabilmektedir (Cabarkapa vd., 2023).

Güreş gibi bireysel temas sporlarında biyomekanik, vücut ağırlığının doğru kullanımı, denge ve kuvvet uygulamaları üzerine yoğunlaşmaktadır. Güreşçilerin rakiplerini yere serme, tutma ve kontrol etme gibi hareketleri, biyomekanik analizler ile optimize edilebilmektedir. Örneğin, doğru teknikle yapılan bir bel kavrama hareketi, rakibin dengesini bozarak üstünlük sağlamayı kolaylaştırmaktadır (Jang vd., 2009). Bugün biyomekanik, spor performansını optimize etmek, sakatlıkları önlemek,

rehabilitasyon süreçlerini iyileştirmek ve spor ekipmanlarını geliştirmek gibi alanlarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Biyomekanik, insan hareketlerini anlamak ve optimize etmek için ileri teknolojiler ve matematiksel modelleri kullanarak multidisipliner bir yaklaşım sunmaktadır.

Spor ve egzersiz ile ilgilenen biyomekanik çalışan bilim insanları, mekanik kavramları kullanarak en yüksek performansı elde etmek için vücudu hareket ettirmenin en uygun yolunu değerlendirirken, yaralanma riskini de en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar doğrultusunda ana hedef, egzersiz postürünün değerlendirilmesi, antrenman tekniklerinin geliştirilmesi, ayakkabı tasarımı da dâhil olmak üzere spor gereçleri ve egzersiz aletlerinin tasarlanmasıdır.

4. YÖNTEM

Araştırmanın bu aşamasında araştırmanın modeline, araştırmanın evren ve örnekleme, araştırmanın veri toplama sürecine, araştırmanın veri kaynaklarının belirlenmesi ve verilerin analizine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

4.1. Araştırmanın Modeli

Araştırma yöntemlerinden sistematik derleme, belirli bir araştırma sorusuna yanıt bulmak için mevcut tüm ilgili literatürü titizlikle inceleyen ve analiz eden bir araştırma yöntemidir (Karaçam, 2013). Bu yöntem, bilgiyi toplamak, değerlendirmek ve sentezlemek için belirlenmiş bir takım adımları izlemektedir. Bu sayede sistematik bir şekilde bilgi birikimini organize etmektedir. Araştırma, “Fizik Bilimi” ve “Spor Bilimi” ilişkisini uluslararası düzeyde yayımlanan makaleleri incelemek, araştırmayı belli bir düzen içerisinde ve sürecin her basamağını kontrollü bir şekilde ilerletebilmek amacıyla araştırma yöntemlerinden biri olan, sistematik derleme modeli ve bibliyometrik analiz adımlarını içerecektir (Yılmaz, 2021). İlk olarak, spor bilimi ve fizik bilimi arasındaki ilişkiyi anlamak için literatür taraması yapılacaktır. Bu literatür taraması, spor performansını etkileyen fiziksel faktörlerin incelendiği makaleleri içerecektir. Ardından, seçilen makaleler sistemik bir şekilde derlenerek bu iki disiplin arasındaki ilişkiyi açıklayan bir çerçeve oluşturulacaktır.

Sistematik derlemenin ana hedefleri arasında, mevcut araştırmalardan elde edilen kanıtları sentezlemek ve değerlendirmek, araştırma sorusuna cevap sağlayabilecek en güçlü kanıtları bulmak ve varsa bilgi boşluklarını belirlemek bulunmaktadır. Bu yöntem, sistematik bir yaklaşım kullanarak araştırma alanındaki bilgiyi derinlemesine anlamamızı ve araştırma sorularını yanıtlamak için en güvenilir kanıtları bulmamızı sağlamaktadır.

Sistematik derlemenin adımları şu şekilde açıklanabilmektedir:

1. Sorunun Tanımlanması: Araştırma sorusu ve amaçları net bir şekilde tanımlanmalıdır.
2. Arama Stratejisi Geliştirme: İlgili veri tabanlarında, literatürde ve diğer kaynaklarda arama yapmak için bir strateji oluşturulmalıdır.

3. Kapsama Kriterlerinin Belirlenmesi: Hangi çalışmaların derlemeye dâhil edileceği ve hangilerinin dışarıda bırakılacağı belirlenmelidir.
4. Kaynakların Seçimi ve Değerlendirilmesi: Önceden belirlenmiş kriterlere dayanarak kaynaklar titizlikle seçilip değerlendirilmelidir.
5. Veri Çıkarma ve Sentezleme: Seçilen çalışmalardan ilgili veriler çıkarılıp sentezlenmelidir.
6. Sonuçların Yorumlanması: Bulgular dikkatlice analiz edilip yorumlanmalıdır.
7. Raporlama: Derleme süreci, yöntemler ve bulguları detaylı bir şekilde raporlanmalıdır.

Sistemik derleme, araştırmacılara mevcut bilginin derinlemesine incelenmesini sağlamakta aynı zamanda da araştırma alanında henüz ele alınmamış veya eksik kalan konuları belirleyerek gelecekte yapılacak araştırmalar için bir yol haritası sunmaktadır (Moher vd., 2009). Bu nedenle, sistemik derleme, bilgi birikiminin organize edilmesi ve araştırma alanındaki ilerlemenin sağlanabilmesi için önemli bir araç olarak gösterilmektedir.

Çalışmada sistemik derleme çalışmasının bazı adımları PRISMA protokolüne uygun bir şekilde yürütülmüştür. Araştırma yöntemlerinden PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), sistemik derleme ve meta-analizlerin raporlanmasında kullanılan bir araştırma modelidir. Analiz aşamasına başlamadan önce taramada elde edilen bütün çalışmalardan sağaltım yapılmıştır. Araştırmacıların sistemik derleme ve meta-analizlerini daha şeffaf, kapsamlı ve doğru bir şekilde raporlamalarına yardımcı olmaktadır. PRISMA, sistemik derleme çalışmalarının yapımı, raporlanması ve yayınlanması sürecinde kaliteyi artırmak için tasarlanmıştır.

PRISMA modelinin temel bileşenleri şunlardır:

1. Başlık: Raporun adı açık ve tanımlayıcı olmalıdır.
2. Özet: Raporun özeti, çalışmanın amacını, yöntemlerini, bulgularını ve sonuçlarını özetler.
3. Giriş: Araştırma sorusunun ve sistemik derlemenin amacının tanıtılması.

4. Yöntemler: Sistemantik derleme veya meta-analiz için kullanılan yöntemlerin detaylı açıklamasını sağlar.

5. Bulgular: Derleme veya meta-analiz sonuçlarının ve bulgularının sunulması.

6. Tartışma: Bulguların yorumlanması, araştırma alanındaki önemi ve kısıtlamaların ele alınması.

7. Finansman: Çalışmanın finansman kaynaklarının açıklanması.

8. Çıkar çatışması: Yazarların çıkar çatışması olup olmadığının belirtilmesi.

PRISMA, diğer araştırma modellerinden öne çıkan birkaç önemli özelliğe sahiptir. PRISMA, sistemantik derleme ve meta-analizlerin kapsamlı bir şekilde raporlanmasını teşvik etmektedir. Araştırmacıların, araştırma sürecinin her aşamasını detaylı bir şekilde açıklamalarını sağlamaktadır. PRISMA, standart bir raporlama formatı sağlamaktadır. Bu, araştırmacıların sonuçların ve bulguların doğru bir şekilde karşılaştırılmasını ve yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır (Moher vd., 2009). PRISMA, araştırma sürecinin şeffaf bir şekilde raporlanmasını sağlamakta buda okuyucuların araştırmanın yöntemlerini ve sonuçlarını daha iyi anlamasına ve değerlendirmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, raporlama standartları aracılığıyla araştırmanın güvenilirliğini artırmaktadır. PRISMA, sistemantik derleme ve meta-analizlerin yapımı ve raporlanmasında kaliteyi artırmayı hedeflemektedir. Araştırmacıların, araştırma sürecini daha sağlam bir temele dayandırmalarına ve raporlama kalitesini iyileştirmelerine yardımcı olmaktadır.

Bibliyometrik analiz aşamasında ise, derlenen makalelerin bibliyometrik verileri analiz edilecektir. Bu analiz, yapılan araştırmaların zaman içinde nasıl geliştiğini, hangi konuların daha fazla ilgi gördüğünü ve hangi araştırmacıların bu alanda öncü olduğunu belirlemeye yardımcı olacaktır. Ayrıca, spor bilimi ve fizik bilimi arasındaki ilişkinin hangi alanlarda daha fazla yoğunlaştığını ve potansiyel araştırma boşluklarını belirlemek için analiz sonuçları kullanılmaktadır.

4.2. Etki Faktörü Analizi Yöntemi

Etki faktörü analizi, akademik dergilerin ve makalelerin bilimsel etkilerini değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz, belirli bir dönemde yayınlanan makalelerin aldığı atıfları sayarak, dergilerin ve yazarların

akademik performansını ölçmektedir (Garfield, 2006). Bu yöntemin kullanılması, araştırma sonuçlarının daha geniş bir bilimsel topluluk tarafından nasıl kabul edildiğini ve kullanıldığını anlamak oldukça önemlidir.

Analize dâhil edilecek dergiler belirlenir. Bu seçim, genellikle çalışmanın konusu ile ilgili en etkili ve saygın dergileri kapsamaktadır. Atıf verileri, Web of Science, Scopus gibi güvenilir atıf veri tabanlarından elde edilmektedir.

Belirli bir dönemde (genellikle son iki veya beş yıl) yayınlanan makalelere yapılan toplam atıf sayısı hesaplanmaktadır. Etki faktörü, belirli bir yıl içinde bir dergide yayınlanan makalelerin ortalama atıf sayısını temsil eder. Atıfların yıllara göre dağılımı analiz edilmektedir. Bu analiz, derginin veya makalenin etkisinin zaman içinde nasıl değiştiğini göstermektedir.

Etki faktörlerinin yorumlanması, dergilerin ve makalelerin bilimsel etkisini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Yüksek bir etki faktörü, genellikle daha fazla akademik etki ve saygınlık anlamına gelmektedir (Amin and Mabe, 2003).

Etki faktörü analizi, akademik araştırmaların bilimsel değerini ve etkisini değerlendirmek için güçlü bir araçtır. Bu yöntem, özellikle bilimsel üretkenliğin ve araştırma kalitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu analizin sonuçları dikkatle yorumlanmalı ve diğer değerlendirme yöntemleri ile birlikte kullanılmalıdır (Garfield, 2006).

Bu tez çalışmasında ise 2014-2024 yılları arasında fizik biliminde yer alan yedi ana kavramın spor bilimi ile ilişkisi üzerine çalışılmış en çok atıf alan makaleler incelenmiştir. Her kavram için ayrı ayrı on atıf alan makalelerin özetleri çıkarılmıştır.

4.3. Evren Örneklem

Çalışmanın evrenini ulusal ve uluslararası düzeyde ‘fizik bilimindeki kavramların spor bilimindeki yeri’ ve ‘fizik ve spor ilişkisi’ ile ilgili yapılmış akademik çalışmalar oluşturmaktadır. Araştırmanın veri grubunu Scopus, Web of Science veri tabanında belirli anahtar kelimeler ile taranan makaleler oluşturmaktadır. Bu veri tabanlarının seçilmesinin sebebi spor bilimi ve fizik bilimi alanında en geniş arşive sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Nitel araştırmalarda çeşitli örnekleme türleri mevcut olmasına rağmen, çalışmanın araştırma sorunuyla uyumlu ve alana katkı sağlayacak bir örnekleme modeli belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu sebeple, araştırma

problemi ve alt problemlerine yönelik belirlenen dokümanların analizi ile çalışmanın örneklemini, 2014 ile 2024 yılları arasında uluslararası hakemli dergilerde yayımlanmış makaleler oluşturmaktadır.

4.3.1. Problem Cümlesi

Fizik bilimi ve spor bilimi disiplinleri arasındaki ilişki, spor performansının geliştirilmesi ve sporcuların potansiyellerinin maksimize edilmesi açısından önemli bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

4.3.2. Alt Problemler

1. Fizik Biliminin Spor Performansına Etkisi: Bu alt problem, fiziksel prensiplerin spor performansına nasıl etki ettiğini ve sporcuların teknik becerilerini nasıl geliştirebileceğini incelemektedir.

2. Spor Biliminin Fiziksel Prensipleri İle İlişkisi: Bu alt problem, spor biliminin, fiziksel prensipleri kullanarak spor performansını optimize etmede nasıl bir rol oynadığını araştırmaktadır.

3. Antrenman Programlarının Fiziksel İlkelerle Tasarımı: Bu alt problem, antrenman programlarının fiziksel prensiplere dayalı olarak nasıl tasarlanabileceğini ve sporcuların gücünü, dayanıklılığını ve performansını artırabileceğini incelemektedir.

4. Spor Ekipmanlarının Fizik Bilimine Dayalı Tasarımı: Bu alt problem, spor ekipmanlarının, fiziksel prensiplere uygun olarak nasıl tasarlandığını ve sporcuların performansını nasıl etkilediğini araştırmaktadır.

5. Spor Psikolojisi ve Fiziksel Prensiplerin Entegrasyonu: Bu alt problem, spor psikolojisi ve fiziksel prensiplerin nasıl entegre edilebileceğini ve sporcuların zihinsel ve fiziksel olarak nasıl hazırlandığını incelemektedir.

Tablo 1. Çalışmanın Evren ve Örneklem Dağılımı

Evren	n
Akademik Çalışmalar (Makaleler)	6172
Örneklem	n
Eleme kriterlerinden sonra kalan makaleler	565

4.4. Veri Toplama Süreci

Veri toplama tekniği doküman incelemesi olan çalışmada araştırma sorusu doğrultusunda belirlenen anahtar kelimelerin detaylı taraması 01 Mayıs 2024 ile 17 Haziran 2024 tarihleri arasında Web of Science, Scopus veri tabanları kullanılarak veri toplama süreci gerçekleştirilmiştir. Web of Science, Scopus veri tabanlarının tercih edilmesinin nedeni, uluslararası ve ulusal akademik çevreler tarafından kabul gören ve akademik kariyerlerde referans kabul edilen veri tabanları olmalarıdır. Araştırmanın kapsamı, fizik biliminin spor bilimindeki rolünü ve alanın mevcut durumunu belirlemeye yönelik kapsamlı bir literatür taramasını içermektedir. Araştırmaya dâhil edilen çalışmaların belirlenmesi için başlık, anahtar kelimeler ve özvdanlarında, "enerji", "kuvvet", "biyomekanik", "tork ve açısal momentum", "nanoteknoloji", "statik denge ve dinamik denge" ve "aerodinamik" gibi farklı kelimelerin İngilizceleri ile gelişmiş arama seçenekleri kullanılmıştır. Veri tabanlarından ulaşılan dokümanlarda kullanılan anahtar kelimeler önemli rol oynamaktadır. Ayrıca, belirlenen arama ölçütleri doğrultusunda doküman türü makale ile sınırlı tutulmuştur. Taranan dosyalarda tarih sınırlandırması 2014 ve 2024 yılları arasında yayınlanmış olan son on yılın akademik makaleleri olarak belirlenmiştir.

4.4.1. Dâhil Etme ve Dışlama Kriterleri

Bu tez çalışmasında taranan araştırmaların çalışmaya dâhil edilme ve dışlama kriterleri aşağıda maddeler şeklinde belirlenmiştir.

1. Çalışmanın spor bilimi ve fizik bilimi kavramları arasındaki ilişkiye odaklandığı açıkça belirtilmelidir.
2. Akademik çalışmalardan oluşan makaleler çalışmaya dâhil edilmiştir.

3. Yayın dilinin İngilizce olduğu makaleler çalışmaya dâhil edilmiştir.
4. Çalışmaların özet kısmının olması ve bu kısımda fizik ve spor ilişkisine doğrudan paralellik gösteren çalışmalar dâhil edilmiştir.
5. Bu tez çalışmasında sistematik derlemeye tarihsel sınırlandırma 2014-2024 olarak dâhil edilmiştir.
6. Spor ekipmanları ve materyallerin teknik detayları hariç tutulmuştur.
7. Sporda eğitim yöntemleri ve pedagojik yaklaşımlar hariç tutulmuştur.
8. Araştırmaya tarama ölçütlerinde başlık ve özvdanında “Aerodynamic”, “Biomechanics”, “Nanotechnology”, “Torque or Angular Momentum”, “Energy”, “ Force”, “Static Balance or Dynamic Balance”, “Sports” kelime/ kelime grupları taramaya dâhil edilmiştir.
9. Taranan belgelerde konu alanı bölümü Fizik ve Astronomi, Enerji, Malzeme Bilimi ve Mühendislik dâhil edilmiştir.
10. Taranan belgelerde konu alanı ile direk ilişkili olması açısından anahtar kelime bölümüne sadece spor kelimesi dâhil edilmiştir.

Taranan çalışmaların incelenmesi ve eleme işlemi çalışmanın da danışmanı olan uzmanla birlikte yürütülmüştür.

Alan taramasında izlenen yol şu şekildedir:

Adım 1: Anahtar kelimelerin belirlenmesi

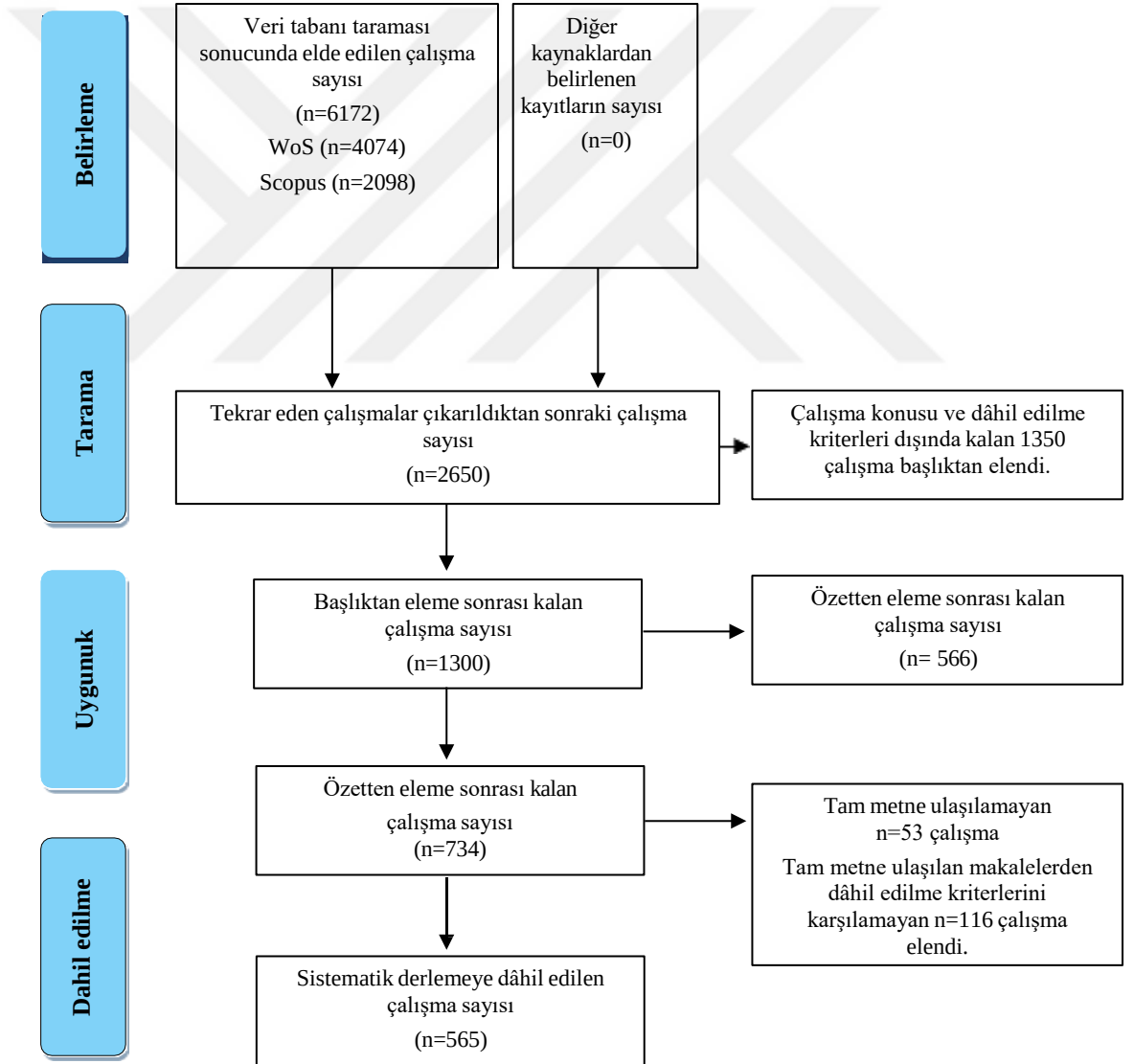
Çalışmanın anahtar kelimeleri “nanoteknoloji”, “biyomekanik”, “aerodinamik”, “statik denge ve dinamik denge”, “kuvvet”, “enerji” ve “tork ve açısal momentum” un İngilizce karşılıklarıdır. Uluslararası düzeyde yayınlara ulaşmak adına bu şekilde arama yapılmıştır. “AND” ve “OR” bağlaçları tarama yaparken kullanılmış olup bağlaçların kullanılmasının sebebi çalışmaların fizik bilimi ve spor ilişkisine yönelik olması ve bu ilişkiyi birlikte içeren belgelerin bulunmasını sağlamaktır.

Adım 2: Veri tabanı sonuçlarının elde edilmesi

Çalışmada, en çok dokümana sahip iki veri tabanı olan Scopus ve Web of Science veri tabanında ilgili anahtar kelimelerle bulunan çalışmalar yıllara göre dosyalanmıştır. Belirlenen anahtar kelimelerle ilgili ulaşılan toplam makalelerin sayısı 6172 olup ilgili 565 çalışma, dosyalara çalışmaların ismiyle kaydedilmiştir. Çalışmanın dâhil etme ve dışlama kriterleri bakımından çalışmaların özetleri incelenmiştir.

Web of Science veri tabanında ilgili anahtar kelimeleri kullanılarak İngilizce dilinde arama yapılmış ve toplam 4074 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmanın özetleri incelenerek dâhil etme ve dışlama kriterleri dâhilinde eleme yapılmış olup uyumlu ve tam metnine ulaşılabilen 124 çalışma dâhil edilmiştir.

Scopus veri tabanında ilgili anahtar kelimeleri kullanılarak İngilizce dilinde arama yapılmış ve toplam 2098 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmanın özetleri incelenerek dâhil etme ve dışlama kriterleri dâhilinde eleme yapılmış olup uyumlu ve tam metnine ulaşılabilen 441 çalışma dâhil edilmiştir.



Şekil 16: Dağınık PRISMA (2020) Akış Şeması

4.5.Araştırmanın Veri Kaynağı

Scopus ve Web of Science elektronik veri tabanları kullanılarak Ocak 2012-Haziran 2023 tarihleri arasını kapsayan sistematik bir arama gerçekleştirilmiştir. Tarama İngilizce dilinde "energy" and "sports", "force" and "sports", "biomechanics" and "sports", "torque and angular momentum" and "sports", "nanotechnology" and "sports", "static balance or dynamic balance" and "sports" ve "aerodynamic" and "sports" gibi farklı anahtar kelimeler ile gelişmiş arama seçenekleri kullanılmıştır.

4.6.Tarama Stratejisi

Literatür taramasında araştırma süreci, iki ana veri tabanı olan Web of Science ve Scopus üzerinden yürütülmüştür. Taramanın amacı, aerodinamik, nanoteknoloji, kuvvet, enerji, biyomekanik, açısal momentum ve tork konularında spor alanında yapılan çalışmaları ortaya çıkarmaktır. Öncelikle, literatürdeki uygun makaleleri belirlemek için çeşitli anahtar kelimeler ve bunların kombinasyonları kullanılmıştır. Anahtar kelime stratejisi Medical Subject Headings (MeSH) 'e uygun İngilizce kelimeler "aerodynamics" AND "sports", "nanotechnology" AND "sports", "force" AND "sports", "energy" AND "sports", "biomechanics" AND "sports", "angular momentum" AND "sports", "torque" AND "sports" olarak belirlenmiştir. Bu anahtar kelimeler, her iki veri tabanında da başlık, özet ve anahtar kelime alanlarında aranmıştır.

Belirtilen anahtar kelimeler kullanılarak yapılan ilk tarama sonucunda elde edilen makaleler, başlık ve özetleri üzerinden ön elemeye tabi tutulmuştur. İlk elemeyi geçen makalelerin tam metinleri incelenmiş ve belirlenen dâhil etme ve hariç tutma kriterlerine göre nihai örneklem oluşturulmuştur.

Tablo 2. Taramada Kullanılan Anahtar Kelimeler

Kriter	Dahil Edilme Kriterleri	Veri Çekme	MeSH Terimleri
Population (P):	Profesyonel ve amatör sporcular, farklı yaş ve cinsiyet gruplarındaki sporcular (malzeme teknolojisi)	Yaş, cinsiyet, spor dalı, profesyonel/amator durumu	"Athletes" OR "Sports" OR "Football" OR "Basketball" OR "Cycling"
Intervention (I):	Aerodinamik, nanoteknoloji, kuvvet, enerji tüketimi/verimliliği, biomekanik analizler, açısal momentum, tork	Müdahale türü, kullanılan teknoloji, ölçüm yöntemleri	"aerodynamics" AND "sports" - "nanotechnology" AND "sports" - "force" AND "sports" - "energy" AND "sports" - "biomechanics" AND "sports" - "angular momentum" AND "sports" - "torque" AND "sports"
Outcomes (O):	Performans artışı, enerji verimliliği, sakatlanma riski azalması, teknik ve taktik geliştirme, sporcu sağlığı, - Fiziksel uygunluk ve dayanıklılık - Biomekanik ölçümler ve analiz sonuçları	Performans ölçümleri, enerji verimliliği, yaralanma verileri, teknik/taktik gelişmeler, sağlık ve fitness verileri	"Performance" OR "Energy Efficiency" OR "Injury Risk" OR "Technical Development" OR "Athlete Health" OR "Physical Fitness" OR "Endurance" OR "Biomechanical Analysis"
Study Design (S):	Sistematik derleme, meta-analiz, randomize kontrollü çalışma, deneysel çalışma, gözlemsel çalışma	Çalışma türü, örneklem büyüklüğü, çalışma süresi, sonuç ölçütleri	"Systematic Review" OR "Meta-Analysis" OR "Randomized Controlled Trial" OR "Experimental Study" OR "Observational Study"

4.7.Verilerin Analizi

Bu bölümde, sistematik derleme ve bibliyometrik analiz yöntemlerinin detayları ve bu yöntemlerle elde edilen verilerin nasıl analiz edildiği açıklanacaktır. İlk olarak, sistematik derleme sürecinin ve bibliyometrik analizlerin genel bir tanımı yapılacak, ardından bu süreçlerde kullanılan veri toplama ve analiz yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Sistematik derleme, belirli bir araştırma sorusuna yanıt aramak için literatür taramasının sistematik ve kapsamlı bir şekilde yapılmasıdır. Bu süreç, literatürdeki mevcut çalışmaları toplar, değerlendirir ve sentezler.

Bibliyometrik analizler, literatürdeki anahtar temaların ve trendlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Nitel araştırmalarda, bu bulgular, belirli bir araştırma sorusuyla ilgili literatürde öne çıkan temaları ve konuları anlamak için kullanılmaktadır. Bibliyometrik analizler, bir araştırma alanının genel yapısını ve gelişimini anlamak için kullanılmaktadır. Nitel araştırmalarda bu veriler, belirli bir konuda literatürün nasıl geliştiğini, hangi alanlarda yoğunlaştığını ve hangi konuların öne çıktığını anlamak için bir bağlam sağlamaktadır. Seçimi yapılan ilgili anahtar kelimeler ile bulunan makalelerin analizi için Bibliometrix adlı yazılım kullanılmıştır (Aria, M.,and Cuccurullo, C. 2017). Bibliometrix, bibliyometrik verileri analiz etmek ve bu verilerden anlamlı sonuçlar çıkarmak için geliştirilmiş bir R paketidir. Bibliometrix ile yapılan analizler bulgular ve sonuç bölümünde detaylandırılacaktır.

4.8.Verilerin Geçerlik ve Güvenirliği

Sistematik derleme çalışmaları, daha öznel olabilen ve şeffaf bir metodolojiden yoksun olabilen geleneksel literatür taramalarının aksine, belirli bir konu hakkındaki mevcut araştırma kanıtlarını özetlemeye yönelik titiz ve yapılandırılmış bir yaklaşımdır (Higgins and Green, 2008). Dolayısıyla güvenirlik, geçerlik ve şeffaflık gibi nitelikleri taşımaları gerekir. Sistematik derleme çalışmalarında, dâhil edilen araştırmaların geçerliliği genellikle çalışmaların metodolojik kalitesinin değerlendirilmesiyle ölçülür. Bu değerlendirme, bulguların güvenilirliğini ve doğruluğunu sağlamak için çalışma tasarımı, örnekleme yöntemi, veri toplama yöntemleri ve istatistiksel analizler gibi faktörlerin incelenmesini içerir. Geçerlilik, genellikle PRISMA yönergeleri gibi sistematik derlemelere özgü veya nitel çalışmaların eleştirel değerlendirilmesi için CASP aracı gibi belirli ölçütler veya kontrol listeleri kullanılarak hesaplanır.

Sistemik derleme çalışmalarında ayrıca PRISMA bildirimi, Cochrane El Kitabı, AMSTAR, ROBIS, CASP, JBI-QARI gibi kılavuzlara bağlı kalmak koşuluyla taraflı ve hatalı sonuçları önlemek suretiyle güvenilir ve geçerli sistemik incelemeler gerçekleştirilebilir. Bu araçlar, sistemik inceleme sürecindeki çeşitli adımların kalitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu alışma da PRISMA tarama yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca araştırmalar sistemik derleme çalışmalarında iyi yürütülen bir arama stratejisine, uygun MESH terimlerinin seçimine ve arama stratejilerindeki hatalar gibi zorlukların ele alınmasına olan ihtiyaı da vurgulamaktadır. (Shaheen vd., 2023; Vergnes vd., 2010). MESH arama stratejisini de kullanılmıştır.

Sonuç olarak makale, sistemik incelemelerin güvenilirliğini artırmaya ve sonuçta çeşitli alanlarda karar almayı geliştirmeye yönelik kapsamlı bir kılavuz sunmaktadır. Ayrıca, nicel araştırmalarda, geçerliliğin yaygın ölçüleri i geçerlilik, dış geçerlilik, yapı geçerliliği ve ölçütle ilgili geçerlilik olup, bunlar çeşitli istatistiksel testler ve ölçümler kullanılarak değerlendirilir. Aşağıda bu çalışmaya ait güvenirlik ve geçerlik bilgileri kapsamlı şekilde sunulmuştur.

4.8.1.Güvenirlik

Sistemik incelemeler, dâhil etme/hariç tutma ölçütlerini, arama stratejisini, çalışma seçim sürecini ve veri çıkarma ve değerlendirme yöntemlerini belirten önceden tanımlanmış bir protokolü izleyerek güvenilir olmayı ve önyargıyı en aza indirmeyi amaçlar. Birden fazla incelemecinin bu adımları bağımsız olarak yürütmesi, hata veya öznel yorum riskini azaltır (Vergnes vd., 2010).

Sistemik derleme çalışmalarında ulaşılan kaynaklara güvenilir, geçerli ve şeffaf bir bakış açısı çok önemlidir. Bu tür kapsamlı literatür çalışmalarında önceden tanımlanmış dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre ilgili çalışmaları belirlemek için bağımsız değerlendiriciler kullanılarak seçim yanlılığı korunmak suretiyle şeffaflığın ve güvenirlik sağlanabilir. Bu alışma da iki incelemeci kullanılarak araştırmacılar arası tutarlılık (Inter -rater reliability) yöntemiyle değerlendiricilerin aynı çalışmaları değerlendirme tutarlılığı ölçülmüştür.

Bu aşama da metodolojik kalitesinin değerlendirilmesi için PRISMA kalite değerlendirme lği kullanılmıştır. PRISMA Bildirgesi, 1996 yılında uluslararası bir grup tarafından geliştirilen güncellenmiş bir kılavuzdur ve QUOROM bildirgesine

dayanarak sistematik incelemelerin raporlama özelliklerini değerlendirmek için hazırlanmıştır. Kılavuz, "Evet=1 puan," "Hayır=0 puan" ve "uygulanamaz" cevap seçeneklerine sahip bir kontrol listesi şeklinde sunulmuştur. Araştırma dâhil edilme kriterlerine uygun olarak tam metin makaleler incelemeciler tarafından değerlendirilmeye alınmıştır. Veri tabanı aramasıyla tanımlanan kaynak sayısı Scopus (2098), web of science (4074) olarak tespit edilmiştir. Tekrarlanan kayıtların kaldırılmasından sonra kaynak bağımsız değerlendiriciler tarafından değerlendirilmiş ve PRISMA Bildirgesi Formu kullanılarak, 0-27 puan arasında puanlanmıştır. Araştırmacılar arası tutarlılık (Inter -rater reliability) Cohen's Kappa testi yapılmıştır. Test sonuçları %80'in üzerinde tutarlılık katsayısı olduğunu göstermiştir($\kappa=0.815$ $p=0.000$).

4.8.2.Geçerlik

Geçerlilik; dâhil edilen çalışmaların eleştirel değerlendirmesi, kanıtların geçerliliğini ve kalitesini değerlendirmek için önemli bir adımdır. Bu çalışmada kullanılan geçerlik değerlendirme stratejisi, incelenen 565 çalışmanın tematik uygunluğunu ve geçerliğini (validity) doğrulamak amacıyla ayrıntılı ve sistematik bir şekilde planlanmıştır. Araştırmaya uygun çalışmalar, belirli anahtar kelimeler (ör. aerodinamik, nanoteknoloji, kuvvet, denge, enerji, biyomekanik, açısal momentum ve tork) kullanılarak çeşitli akademik veri tabanlarında taranmıştır. Spor bilimi ile fizik bilimi arasındaki ilişkiyi inceleyen ve çalışmanın amacına doğrudan katkı sağlayan çalışmalar tematik uygunlukları kontrol edilerek kapsam analizi yapılarak titizlikle seçilmiştir. Ek olarak uzman görüşü yöntemi kullanılarak araştırmanın her aşamasında tez danışmanı ile birlikte eş zamanlı çalışılmış ve kendisinin seçilen çalışmalar için onayı alınmıştır.

Ek olarak bibliyometrik analiz yöntemiyle araştırmandan elde edilen kodlar arasında temalandırmalar yapılarak bağlantılara yoğunlaşmaya çalışılmıştır. Her anahtar kelimeye tematik haritalar oluşturularak bulgular bölümünde sunulmuş, böylece çalışmaya bütüncül bir bakış açısı kazandırılmıştır. Özetle, Kapsam analizi ve uzman görüşü onayı ve bağlantılara yoğunlaşma bu çalışmanın geçerliliği için kanıt oluşturmuştur.

Sistemik incelemler, arama stratejisi, çalışma seçim süreci ve veri sentezi teknikleri dâhil olmak üzere kullanılan tüm yöntemleri açıkça raporlayarak şeffaflığı sağlamaya çalışır. Bu, incelemin diğer araştırmacılar tarafından tekrarlanmasına olanak tanır.

Ayrıca sistemik derleme protollerinin kaydı ve PROSPERO gibi veri tabanlarına kayıt olmak da şeffaflığın artırılması ve tekrarların azaltılmasını sağlayacaktır.



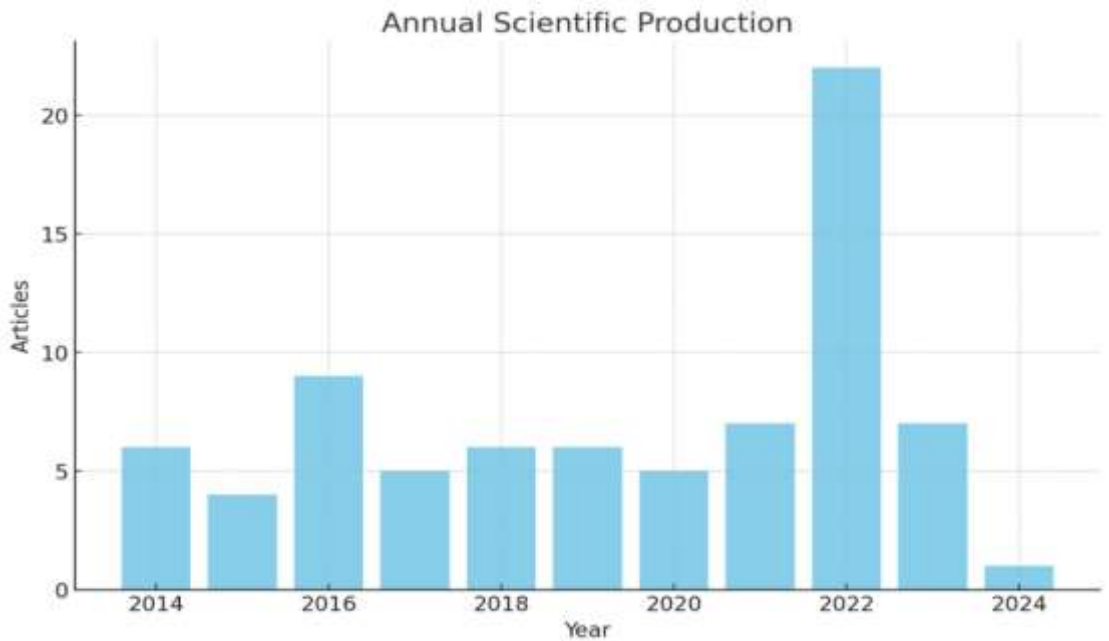
5. BULGULAR

Bu bölüm iki başlık altında ele alınacaktır. İlk aşamada incelenen makalelerin betimsel özelliklerinden elde edilen bibliyometrik analize ait bulgulara, ikinci aşamada ise içerik analizine ait bulgulara yer verilmiştir.

5.1.İncelenen Makalelerin Betimsel Özellikleri

Çalışmada, araştırmanın konusu olan fizik ve spor ilişkisine yönelik yedi kavram bulunmaktadır. Araştırmanın amacı kapsamında kavramlar “nanoteknoloji”, “biyomekanik”, “aerodinamik”, “tork ve açısal momentum”, “enerji”, “kuvvet”, “statik ve dinamik denge” için bibliyometrik verilerin sunulması adına yedi kategori oluşturulmuştur. SCOPUS veri tabanından elde edilen makaleler betimsel özelliklerine göre incelenmiştir. Makalelerin incelenmesinde kullanılan betimsel özellikler; makalelerin yıllara göre dağılımı, en çok atıf alan yazarlar, yayınları ve atıf oranları, en çok kullanılan anahtar kelimeler ve yıl bazında ilişkili anahtar kelimelerin popülaritesidir. Bu kapsamda 35 şekil ve 7 tablo ile spor ve fizik ilişkisini kapsayan kavramlar çeşitli yönleriyle ele alınmıştır.

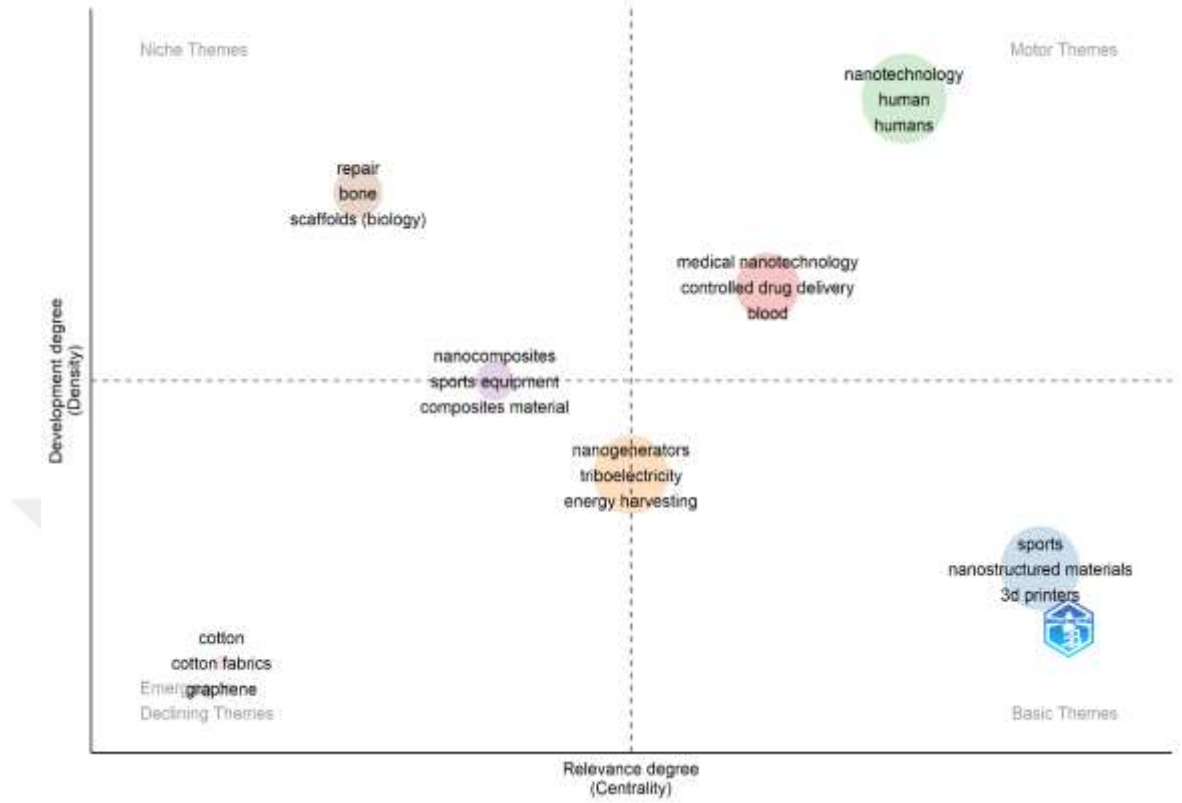
5.2. Nanoteknoloji ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



Şekil 17. “Nanoteknoloji” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

2014-2024 yılları arasındaki nanoteknoloji ve spor bilimi üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, 2017 ve 2020 yılları arasında yayımlanan çalışma sayısının neredeyse aynı düzeyde seyrettiği gözlemlenmiştir. Ancak, 2020 yılı itibarıyla bu çalışmaların sayısında belirgin bir artış gözlenmiş olup, 2022 yılında nanoteknolojinin spor alanında giderek artan bir ilgi gördüğü anlaşılmaktadır. 2022 yılında nanoteknoloji ve spor üzerine yapılan araştırma sayısındaki bu belirgin artış, çeşitli faktörlerden kaynaklanmaktadır. Araştırma fonlarının artması, pandeminin etkileri, yeni bilimsel bulgular ve genişleyen araştırma konuları gibi nedenler, bu artışa katkıda bulunmuş olmaktadır. Bu durum, nanoteknolojinin spor bilimi alanındaki etkilerinin daha derinlemesine incelendiği bir dönemi yansıtırıyor olmaktadır.

2024 yılının henüz tamamlanmamış olması, bu yıl içinde üretilen çalışmaların devam ettiğini ve bu durumun yayın eğrisindeki düşüşü etkileyebileceğini göstermektedir. Yayın sayısındaki artış, nanoteknolojinin spor bilimlerindeki rolünün ve öneminin giderek arttığını, ayrıca bu alanda araştırma ilgisinin yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Akademik literatürde gözlemlenen bu dalgalanmalar, hem alanın gelişimini hem de araştırma odaklarındaki değişimleri önemli bir şekilde yansıtmaktadır. Nanoteknoloji alanındaki son gelişmeler, spor bilimleri ve uygulamaları üzerinde dikkate değer etkiler yaratmıştır. Örneğin, nanomaterialler ve sensörler gibi yeni teknolojiler, spor performansını iyileştirmeye yönelik araştırmalara zemin hazırlamıştır. Bu gelişmeler, nanoteknolojinin spor bilimleri üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemek için daha fazla fırsat sunmaktadır.



Şekil 18. “Nanoteknoloji” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları

Tematik harita, belirli bir konu veya temayı görsel olarak sunan bir harita türüdür. Geleneksel coğrafi haritaların aksine, yüzeyin fiziksel özelliklerini veya yerleşim birimlerini Harita göstermek yerine, tematik haritalar belirli bir tema veya veri kümesi üzerinde yoğunlaşır. Bu haritaların temel amacı, kullanıcıya belirli bir konu hakkında detaylı ve özelleştirilmiş bilgi sağlamaktır. üzerinden konu alanına ilişkin az ve çok çalışılmış konulara ulaşılabilmektedir. Bu kapsamda yukarıdaki tematik harita incelendiğinde; bibliyometrik analiz sonucunda elde edilen temaları dört ana katagoriye ayırdığı görülmektedir.

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Örneğin, "nanotechnology", "human", "humans", “medical nanotechnology”, “controlled drug delivery” ve “blood” gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar

yapılmıştır. Özellikle nanoteknolojinin spor ekipmanları ve insan biyolojisi üzerindeki uygulamaları, bu yüksek merkezîyet ve yüksek yoğunluğa sahip temalar arasında yer almaktadır. Bu konular, araştırma alanında derinlemesine incelenmiş olup, akademik topluluk tarafından geniş bir şekilde ele alınmıştır.

Niş (Niche) Temalar (Sol Üst Çeyrek)

Bu temalar, yüksek yoğunluk gösteren ancak düşük merkezîyete sahip konuları ifade etmektedir. Yani, bu temalar üzerinde detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, araştırma topluluğunda merkezî bir öneme sahip değildirler. Bu durum, temaların spesifik ve dar alanlara yönelik derinlemesine araştırmaları temsil ettiğini göstermektedir. Örneğin, "repair", "bone" ve "scaffolds (biology)" gibi konular, belirli bir niş alanda detaylı incelemelere tabi tutulmuş olmakla birlikte, daha geniş bir akademik topluluk için daha az merkezî bir öneme sahip konular olarak değerlendirilmektedir.

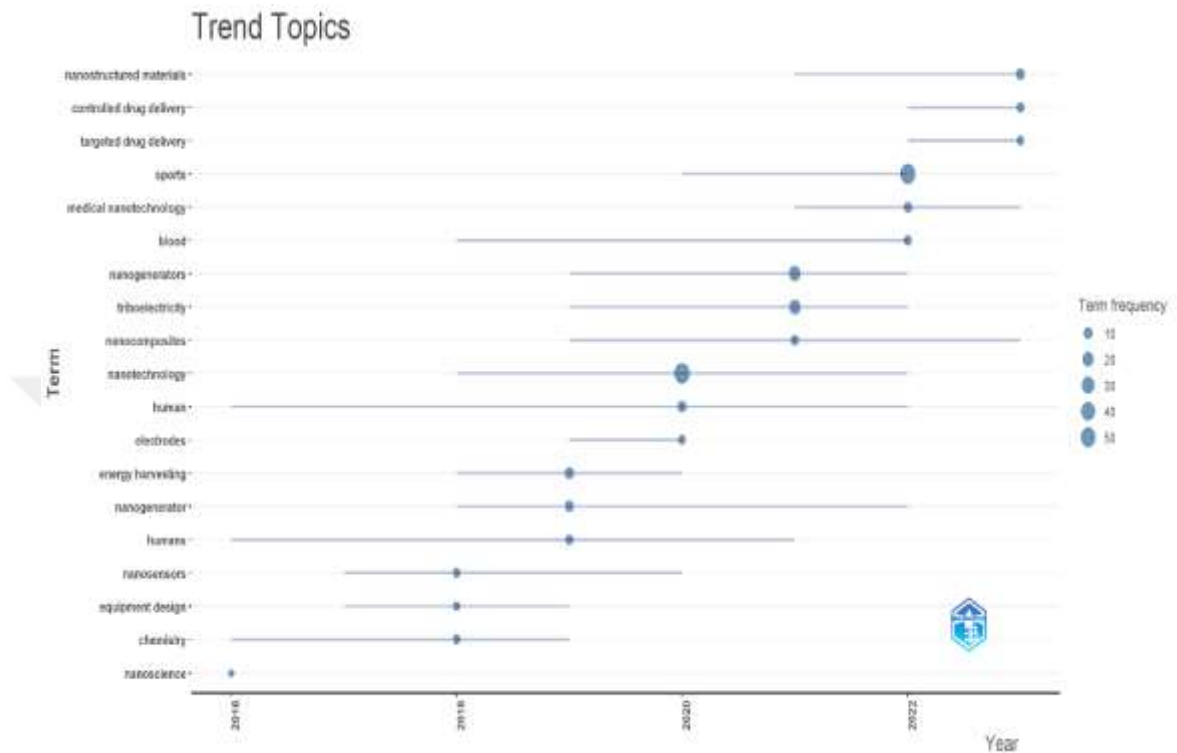
İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

Bu temalar, düşük merkezîyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "cotton", "cotton fabrics", "graphene nanogenerators", "triboelectricity" ve "energy harvesting" gibi konular, gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde ele alınmış olup daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Temel (Basic) Temalar (Sağ Alt Çeyrek)

Bu temalar, yüksek merkezîyete sahip ancak düşük yoğunluk gösteren konuları ifade etmektedir. Yani, araştırma dünyasında merkezî bir öneme sahip olmalarına rağmen üzerine yeterince detaylı çalışma yapılmamış temalardır. Örneğin, "sports", "nanostructured materials", "3D printers", "nanogenerators", "triboelectricity" ve "energy harvesting" gibi konular, hem merkezî hem de önemli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu konular nanoteknoloji ve spor arasındaki ilişkiler üzerine daha derinlemesine araştırmalara açık alanlar olarak değerlendirilmektedir. Bu durum, bu temaların mevcut araştırmaların ötesinde daha geniş ve ayrıntılı incelemelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Nanoteknolojinin spor üzerindeki uygulamaları ve etkileri, bu çalışmaların içerik çeşitliliğiyle paralel olarak geniş bir yelpazede incelenmektedir.



Şekil 20. “Nanoteknoloji” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

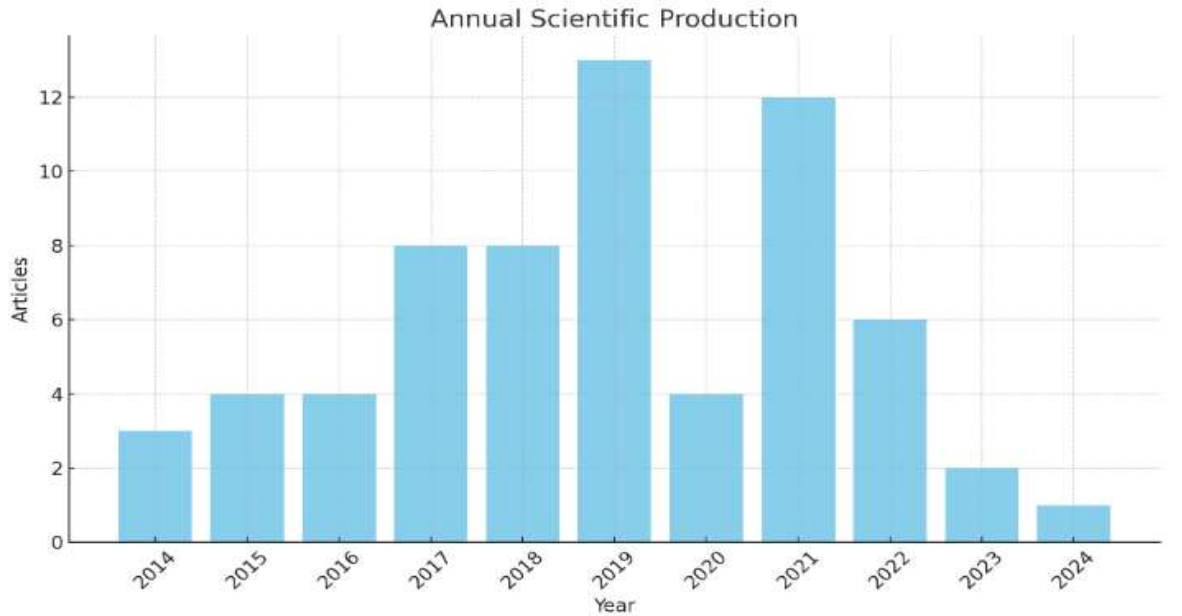
Trend topic grafiği, araştırma konularının zaman içindeki eğilimlerini ve ilişkilerini görselleştiren bir grafikdir. Bu grafik, belirli anahtar kelimeler veya konu başlıklarının yıllar içinde nasıl değıştiğini ve hangi konuların öne çıktığını göstermektedir. Yıl bazında popüler nanoteknoloji ve spor ilişkisi konuları incelendiğinde; çizgilerin yıllara göre araştırmalarda kullanılan konuların başlangıcını ve bitişini, dairelerin ise konuların en yoğun kullanıldığđı zamanı gösterdiği görölmektedir.

Trend topic grafiği üzerinden yapılan analiz, nanoteknolojinin spor bilimi üzerindeki etkisinin yıllar içinde önemli bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle 2020 yılı ve sonrasında yapılan araştırmalar, nanoteknolojinin spor ekipmanları ve performans analizi üzerindeki uygulamalarına vurgu yapmaktadır. Bu dönemde, "nanogenerators", "human" ve "energy harvesting" gibi anahtar kelimelerde gözlemlenen artışlar, nanoteknolojinin spor bilimlerinde geniş bir araştırma alanı

Tablo 3. “Nanoteknoloji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
LEE J, 2014, NANOSCALE	544	49,45
LUO J, 2019, NAT COMMUN	357	59,50
YANG W, 2014, ADV FUNCT MATER	257	23,36
OMANOVIĆ-MIKLIČANIN E, 2020, HEALTH TECHNOL	192	38,40
LIU Z, 2019, NANO ENERGY	154	25,67
LEE CH, 2017, ENVIRON SCI NANO	143	17,88
PARIDA K, 2017, NANO RES	118	14,75
WU Z, 2019, ADV ENERGY MATER	106	17,67
YANG P, 2022, ACS NANO	104	34,67
HE C, 2017, ACS APPL MATER INTERFACES	80	10,00

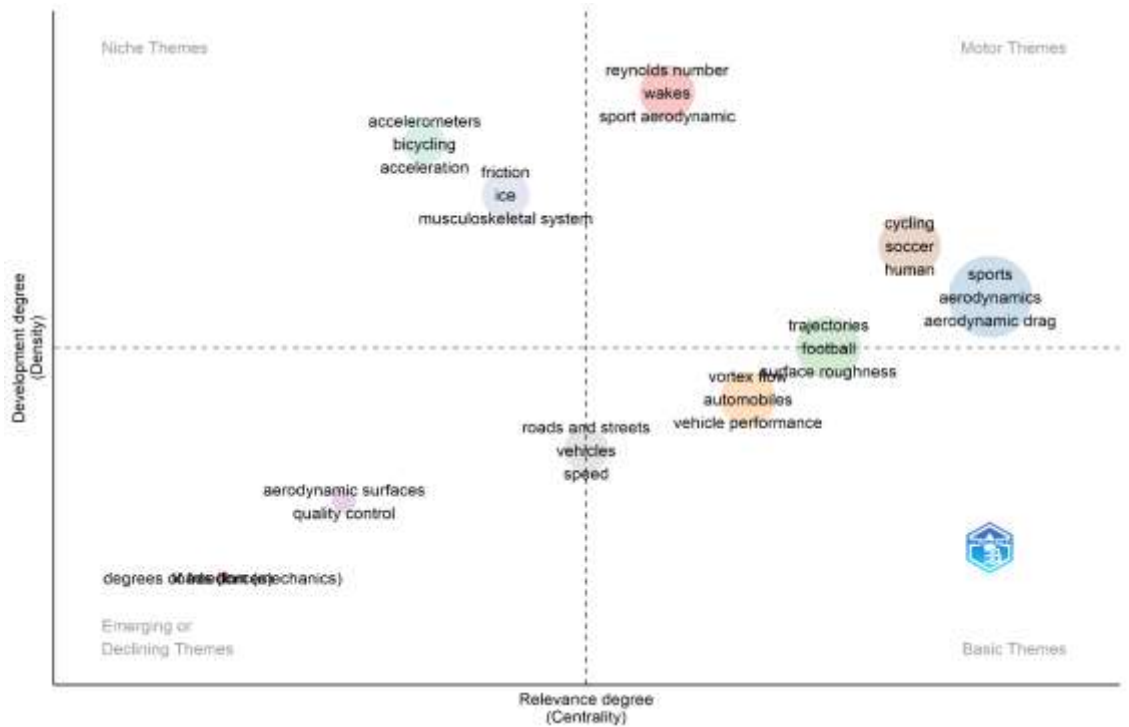
5.3.Aerodinamik ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



Şekil 22. “Aerodinamik” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

Aerodinamik ve spor ilişkisi üzerine yapılan 2014'ten 2024'e kadar olan araştırmaların yıl bazında değerlendirmesini içeren bar grafiği, yıllık bilimsel üretimi göstermektedir. Her bir çubuk, o yıl içinde yayımlanan makale sayısını temsil etmektedir. Grafik detaylı bir şekilde incelendiğinde yıllar içinde aerodinamik ve spor ilişkisi üzerine yapılan çalışmaların sayısında dalgalanmalar olmuştur. 2014-2016 yıllar arasında makale sayısı 3'ten 4'e çıkarak sabit bir artış göstermiştir. 2017 yılında makale sayısında önemli bir artış yaşanmış ve 8'e ulaşmıştır. 2018-2019 yılları arasında makale sayısı yükselmiş ve 2019'da 13 makale ile zirveye ulaşmıştır. 2020 yılında makale sayısında büyük bir düşüş olmuş ve sadece 4 makale yayımlanmıştır. 2021 yılında tekrar artarak 12'ye ulaşmıştır. 2022-2024 yılında ise makale sayısında tekrar bir düşüş gözlemlenmiş, 2024 yılının hala devam ettiği göz önünde bulundurulursa sadece 1 makale yayımlanmıştır.

Bu dalgalanmalar, aerodinamik ve spor ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların zaman içinde farklılık gösterdiğini, bazı yıllarda ilginin arttığını bazı yıllarda ise azaldığını göstermektedir. Özellikle bu dalgalanmanın sebepleri araştırma fonları, proje sayıları, araştırma ekiplerinin büyüklüğü veya çalışma koşulları gibi faktörler etkili olmaktadır.



Şekil 23. “Aerodinamik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları

Tematik harita, belirli bir konu veya temayı görsel olarak sunan bir harita türüdür. Geleneksel coğrafi haritaların aksine, yüzeyin fiziksel özelliklerini veya yerleşim birimlerini göstermek yerine, tematik haritalar belirli bir tema veya veri kümesi üzerinde yoğunlaşır. Bu haritaların temel amacı, kullanıcıya belirli bir konu hakkında detaylı ve özelleştirilmiş bilgi sağlamaktır. Harita üzerinden konu alanına ilişkin az ve çok çalışılmış konulara ulaşılabilir. Bu kapsamda yukarıdaki tematik harita incelendiğinde; bibliyometrik analiz sonucunda elde edilen temaları dört ana kategoriye ayırdığı görülmektedir.

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Örneğin, "reynolds number", "wakes", "sport aerodynamic" gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır.

Niş (Niche) Temalar (Sol Üst Çeyrek)

Bu temalar, yüksek yoğunluk gösteren ancak düşük merkeziyete sahip konuları ifade etmektedir. Yani, bu temalar üzerinde detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, araştırma topluluğunda merkezi bir öneme sahip değildirler. Bu durum, temaların spesifik ve dar alanlara yönelik derinlemesine araştırmaları temsil ettiğini göstermektedir. Örneğin, "accelerometers", "bicycling", "acceleration", "friction", "ice", "musculoskeletal system" gibi konular, belirli bir niş alanda detaylı incelemelere tabi tutulmuş olmakla birlikte, daha geniş bir akademik topluluk için daha az merkezi bir öneme sahip konular olarak değerlendirilmektedir.

İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

Bu temalar, düşük merkeziyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "aerodynamic surfaces", "quality control", "degrees of freedom" gibi konular, gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde

ele alınmış olup daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Temel (Basic) Temalar (Sağ Alt Çeyrek)

Bu temalar, yüksek merkeziyete sahip ancak düşük yoğunluk gösteren konuları ifade etmektedir. Yani, araştırma dünyasında merkezi bir öneme sahip olmalarına rağmen üzerine yeterince detaylı çalışma yapılmamış temalardır. Bu bölgede "sports", "aerodynamics", "aerodynamic drag" gibi anahtar kelimeler yer almaktadır.

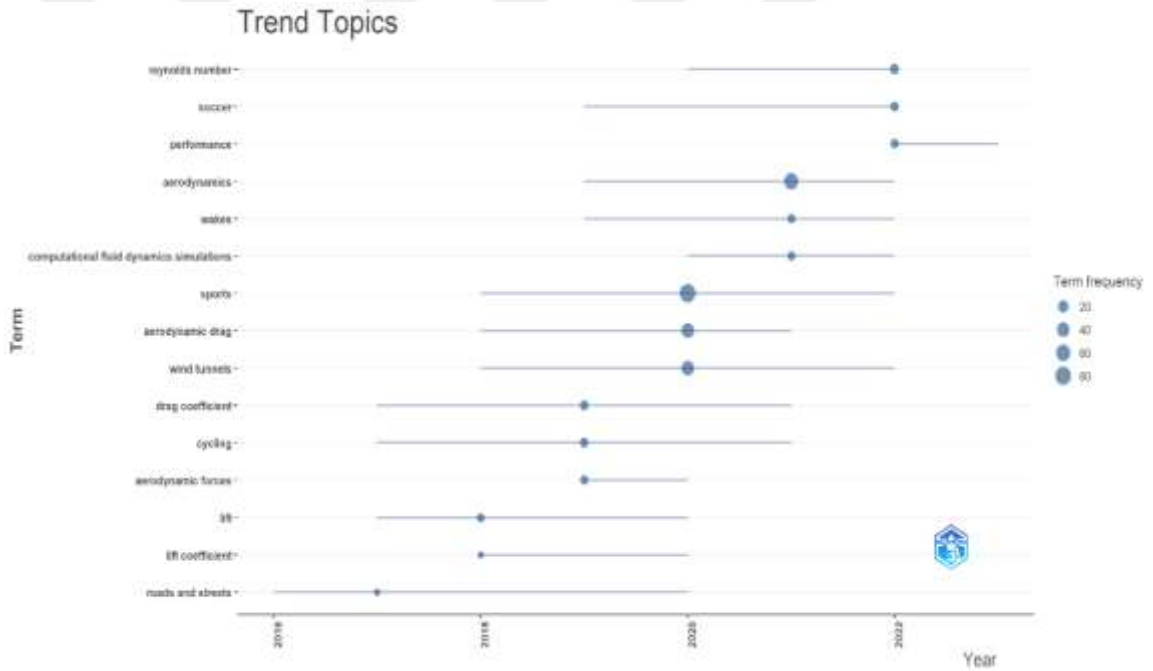
Haritada, her bir tema farklı renklerle ve büyüklüklerle gösterilmiştir. Renkler ve büyüklükler, temaların önem derecesini ve çalışma yoğunluğunu temsil eder. Örneğin, "sports" ve "aerodynamics" temaları büyük ve mavi renkte gösterilmiş olup, temel temalar kategorisinde yer alırken, "reynolds number" ve "wakes" temaları motor temalar kategorisinde yer almakta ve kırmızı renkte gösterilmiştir.

Bu tematik harita, araştırmacıların hangi alanlarda yoğunlaşmaları gerektiğini ve hangi alanların daha fazla gelişmeye ihtiyaç duyduğunu anlamalarına yardımcı olabilir. Aerodinamik ve spor ilişkisi üzerine yapılan çalışmaların geniş bir yelpazede incelendiğini ve bu ilişkilerin hem temel hem de ileri düzeyde araştırmalarla desteklendiğini göstermektedir.



Şekil 24. “Aerodinamik” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu

İncelenen 82 makalede, toplamda 50 farklı anahtar kelime tespit edilmiştir. Bu anahtar kelimeler, kelime bulutu biçiminde ve kullanım sıklıklarına göre Şekil 8'de görselleştirilmiştir. Aerodinamik ve spor ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda en çok tercih edilen anahtar kelimeler büyük puntolarla ifade edilmiştir. İncelenen makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler sırasıyla "aerodynamics" 57 kez, "sports" 81 kez, "aerodynamic drag" 40 kez, "wind tunnels" 39 kez ve "computational fluid dynamics" 27 kez tekrarlanmıştır. Bu anahtar kelimelerin sıklığı, aerodinamiğin spor bilimleri üzerindeki etkilerinin geniş kapsamlı ve çeşitli bir alanı kapsadığını göstermektedir. Aerodinamiğin spor üzerindeki uygulamaları ve etkileri, bu çalışmaların içerik çeşitliliğiyle paralel olarak geniş bir yelpazede incelenmektedir.



Şekil 25. “Aerodinamik” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

Trend topic grafiği, araştırma konularının zaman içindeki eğilimlerini ve ilişkilerini görselleştiren bir grafikdir. Bu grafik, belirli anahtar kelimeler veya konu başlıklarının yıllar içinde nasıl değiştiğini ve hangi konuların öne çıktığını göstermektedir. Yıl bazında popüler aerodinamik ve spor ilişkisi konuları incelendiğinde; çizgilerin yıllara göre araştırmalarda kullanılan konuların başlangıcını ve bitişini, dairelerin ise konuların en yoğun kullanıldığı zamanı gösterdiği görülmektedir.

Trend topic grafiği üzerinden yapılan analiz, aerodinamiğin spor bilimi üzerindeki etkisinin yıllar içinde önemli bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Şekil 8’de anahtar kelimelerden oluşan kelime bulutunda da görüldüğü gibi aerodynamic, sports, aerodynamic drag çalışmalarda en çok bahsedilen kelimeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle 2020 yılında yapılan araştırmalar, aerodinamik ve spor ilişkisine vurgu yapmaktadır. Grafikte belirli yıllarda görülen düşüşler ise, ilgili temalara olan ilginin değişen akademik odaklar ve araştırma eğilimlerinin nasıl şekillendiğini göstermektedir. Bu değişimler, aerodinamiğin spor bilimlerindeki rolü ve bu konudaki araştırma eğilimlerinin zaman içindeki dinamiklerini anlamak açısından önemli veriler sunmaktadır.

Aerodinamik ve spor ilişkisi, özellikle motor sporları, bisiklet, yüzme ve atletizm gibi yüksek performans gerektiren spor dallarında uzun yıllardır araştırılmakta ve geliştirilmektedir. Ancak bu alandaki araştırmaların yoğunlaştığı belli bir yılı belirtmek zordur çünkü aerodinamik prensiplerin spor uygulamalarına uyumu sürekli bir gelişim göstermiştir.

Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte aerodinamik çalışmalara spor dünyasında daha da önem kazanmıştır. Bu dönemde, rüzgâr tüneli testlerinin yaygınlaşması ve bilgisayar destekli simülasyonların gelişimi, spor ekipmanlarının ve sporcuların performanslarının optimize edilmesinde büyük rol oynamıştır. 1980’ler ve 1990’lar, Formula 1 gibi motor sporlarında aerodinamik araştırmaların yoğunlaştığı yıllar olarak bilinir. 2000’li yıllarda ise bisiklet ve yüzme gibi spor dallarında aerodinamik verimliliği artırmak için yapılan çalışmalara öne çıkmıştır.

Genel olarak, aerodinamik ve spor ilişkisinin en yoğun çalışıldığı dönem, 1980’lerden günümüze kadar olan süre olarak değerlendirilebilir. Bu dönemde, sporcuların ve ekipmanların aerodinamik performansını artırmak için çeşitli disiplinlerden gelen uzmanlar bir araya gelerek kapsamlı araştırmalar ve geliştirmeler yapmışlardır.

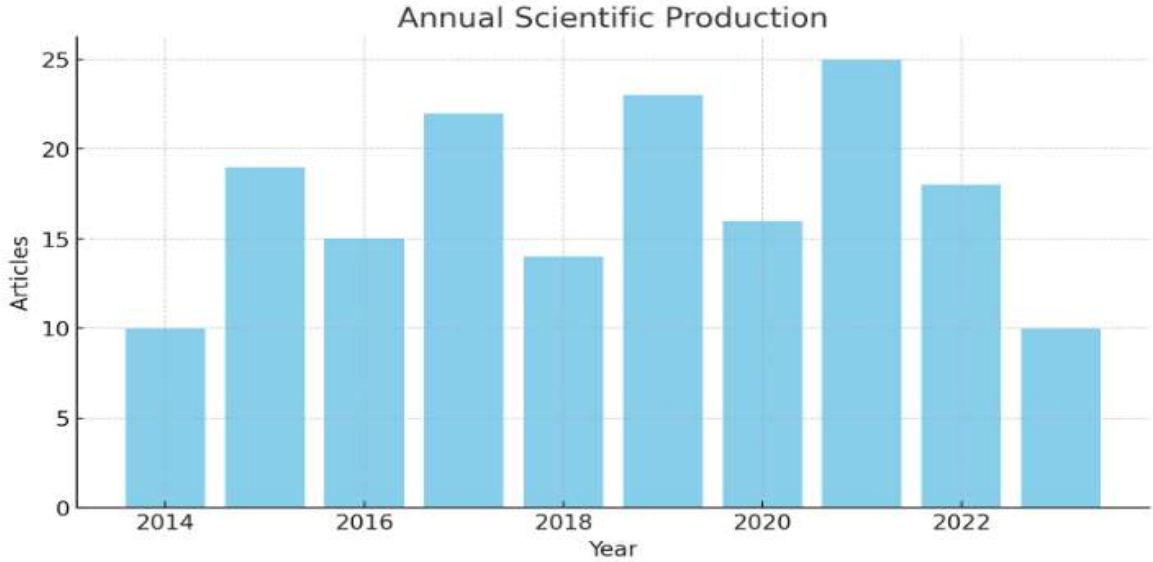


Şekil 26. “Aerodinamik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)

Tablo 4. “Aerodinamik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
BLOCKEN B, 2018, J WIND ENG IND AERODYN	123	17,57
LLORCA C, 2017, SAF SCI	75	9,38
CROUCH TN, 2017, SPORTS ENG	75	9,38
BARRY N, 2015, PROC INST MECH ENG PART P J SPORTS ENG TECHNOL	46	4,60
MALIZIA F, 2020, J WIND ENG IND AERODYN	43	8,60
KUREC K, 2019, INT J MECH SCI	27	4,50
MALIZIA F, 2021, J WIND ENG IND AERODYN	21	5,25
HOSSEINIAN AHANGARNEJAD A, 2018, JVC/J VIB CONTROL	19	2,71
CORNO M, 2016, IEEE TRANS CONTROL SYST TECHNOL	18	2,00
ELFMARK O, 2021, J BIOMECH	17	4,25

5.4. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



Şekil 27. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

2014-2024 yılları arasındaki tork-açısal momentum ve spor bilimi üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, her yıl yayınlanan makale sayıları yer almaktadır. Yıllara göre değişen makale sayıları, bu konudaki araştırma ilgi ve yoğunluğunun nasıl değiştiğini göstermektedir. 2014 yılında 10 makale ile başlamış 2015 yılında makale sayısı 19'a yükselmiş olup bu durum tork ve spor konusuna olan ilginin arttığını göstermektedir. 2016 yılında 15 makaleye düşmüş, 2017 yılında 22 makale ile yeniden bir artış görülmüştür. Araştırmaya ilginin artması veya yeni keşifler yaşanması bu artışı tetiklemiş olabilmektedir. 2018 yılında makale sayısı tekrar 14'e düşmüş, 2019 yılında 23 makale ile tekrar bir zirve noktasına ulaşıldığı görülmüştür. Bu yıl konuyla ilgili önemli gelişmeler veya buluşlar olmuş olabilir. 2020 yılında makale sayısı 16'ya düşmüş, sebebi ise pandemi gibi global olayların araştırmaları etkilemiş olmasıdır. 2021 yılında 25 makale ile en yüksek seviyeye ulaşılmış, bu da pandemiden sonra araştırmaların hız kazandığını göstermektedir. 2022 yılında makale sayısı 18'e düşmüş, araştırma ilgisi stabilize olmuştur.

Yıllar içinde tork ve açısal momentumun spor ile ilişkisi üzerine yapılan çalışmaların miktarındaki bu dalgalanmalar, bu çalışmalara olan ilginin dalgalı bir seyir izlediğini göstermektedir. Bazı yıllarda önemli artışlar olurken, bazı yıllarda belirgin

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Bu temalar, alanın merkezi ve kritik konulardan oluştuğunu göstermektedir. "human simulation", "computer simulation", "exercise", "biomechanics", "athletic performance" gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır.

Niş (Niche) Temalar (Sol Üst Çeyrek)

Bu temalar, yüksek yoğunluk gösteren ancak düşük merkeziyete sahip konuları ifade etmektedir. Yani, bu temalar üzerinde detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, araştırma topluluğunda merkezi bir öneme sahip değildirler. Bu temalar, spesifik bir alanda derinlemesine çalışılmış ancak genel olarak daha az yaygın ve bilinen konulardır. Bir başka deyişle bu bölgede yer alan temalar, yüksek gelişmişlik, düşük merkeziliğe sahiptir. Bu temada yer alan anahtar kelimeler "torque", "angular momentum", "locks (fasteners)", "anti-lock braking systems", "adaptive control systems", "four-wheel drives" olarak belirlenmiştir.

İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

Bu temalar, düşük merkeziyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "energy analysis", "adaptive fuzzy systems", "cooperative systems" gibi konular, gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde ele alınmış olup daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir.

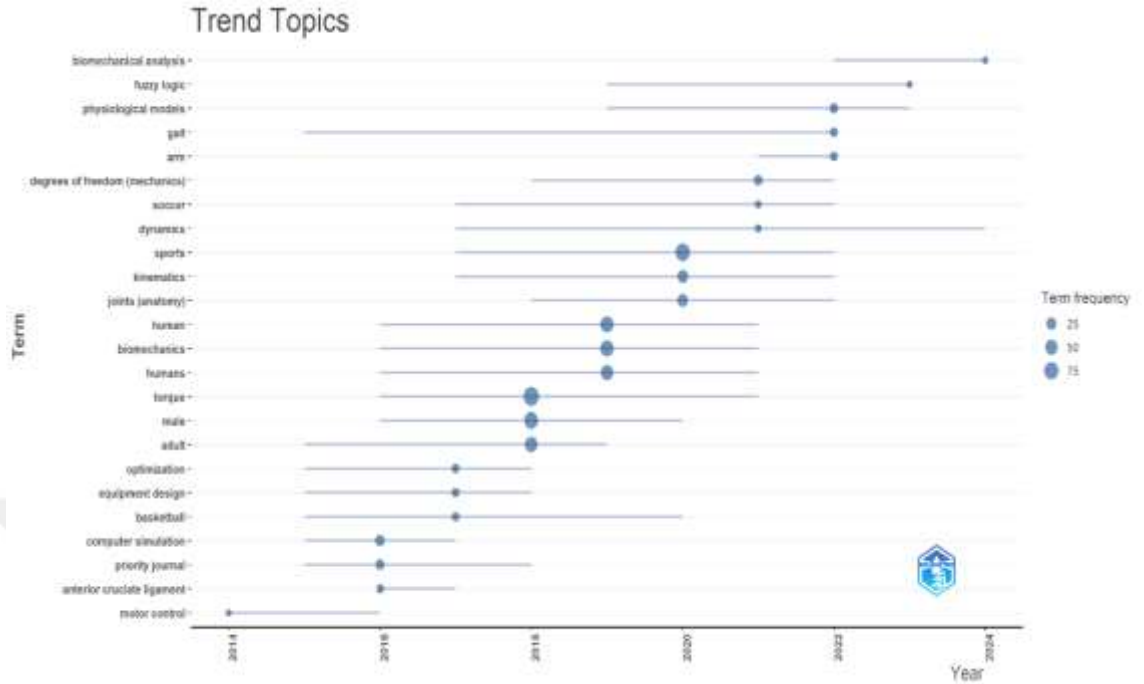
Temel (Basic) Temalar (Sağ Alt Çeyrek)

Bu temalar, yüksek merkeziyete sahip ancak düşük yoğunluk gösteren konuları ifade etmektedir. Yani, araştırma dünyasında merkezi bir öneme sahip olmalarına rağmen üzerine yeterince detaylı çalışma yapılmamış temalardır. Örneğin, "optimization", "simulation", "electric vehicles", "energy efficiency", "controllers" gibi

anahtar kelimeler bu grupta yer almaktadır. Bu temalar, geniş bir alanda temel bilgiler sağlar ve diğer araştırmalar için temel oluşturur. Bu temaların mevcut araştırmaların ötesinde daha geniş ve ayrıntılı incelemelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Grafikteki temaların yerleşimleri, tork ve açısal momentumun spor alanındaki araştırma eğilimlerini ve hangi konuların ön planda olduğunu göstermektedir. Motor temaların, alanı yönlendiren önemli araştırma konuları olduğu görülürken, ilgi kaybeden temalar ise ya yeni gelişmekte olan ya da önemini yitiren konular olarak öne çıkmaktadır. Niş temalar, belirli bir uzmanlık gerektiren detaylı araştırmalarla ilişkilendirilirken, temel temalar alanın genel çerçevesini oluşturan temel konular olarak belirlenmiştir.

Grafikteki temalar, belirli bir alanın araştırma konularının nasıl dağıldığını ve hangi konuların daha fazla ilgi çektiğini veya derinlemesine incelendiğini anlamak için kullanılır. Örneğin, "human simulation" ve "computer simulation" gibi temalar, hem çok önemli hem de derinlemesine çalışılmış konular olarak öne çıkarken, "optimization" gibi konular geniş bir alanda temel bilgi sağlar ve önemli bir yere sahiptir. Öte yandan, "adaptive fuzzy systems" gibi temalar ise daha az bilinen veya gelişmekte olan alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 30. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

Trend topic grafiği, araştırma konularının zaman içindeki eğilimlerini ve ilişkilerini görselleştiren bir grafikdir. Bu grafik, belirli anahtar kelimeler veya konu başlıklarının yıllar içinde nasıl değiştiğini ve hangi konuların öne çıktığını göstermektedir. Yıl bazında popüler tork ve açısal momentumun spor ile ilişkisi konuları incelendiğinde; çizgilerin yıllara göre araştırmalarda kullanılan konuların başlangıcını ve bitişini, dairelerin ise konuların en yoğun kullanıldığı zamanı gösterdiği görülmektedir.

Tork ve açısal momentumun spor ilişkisine dair trend topic grafiği incelendiğinde 2018 yılında tork ifadesinin yapılan çalışmalarda ön plana çıktığı görülmektedir. Spor performansında, özellikle döngüsel ve rotasyonel hareketlerde tork önemli bir rol oynamaktadır. Golf, beyzbol, ve tenis gibi spor dallarında tork, sporcuların atış ve vuruş güçlerini artırmak için kritik bir faktördür. “Male” ve “adult” anahtar kelimeleri Erkek ve genç sporcuların kuvvet, tork ve açısal momentum değerleri üzerine yapılan araştırmalar, antrenman programlarının cinsiyete göre özelleştirilmesine yardımcı olmaktadır. 2020 yılında kinematik analizlerin, sporcuların hareket verimliliğini ve performansını değerlendirmek için kritik öneme sahip olduğu görülmektedir.

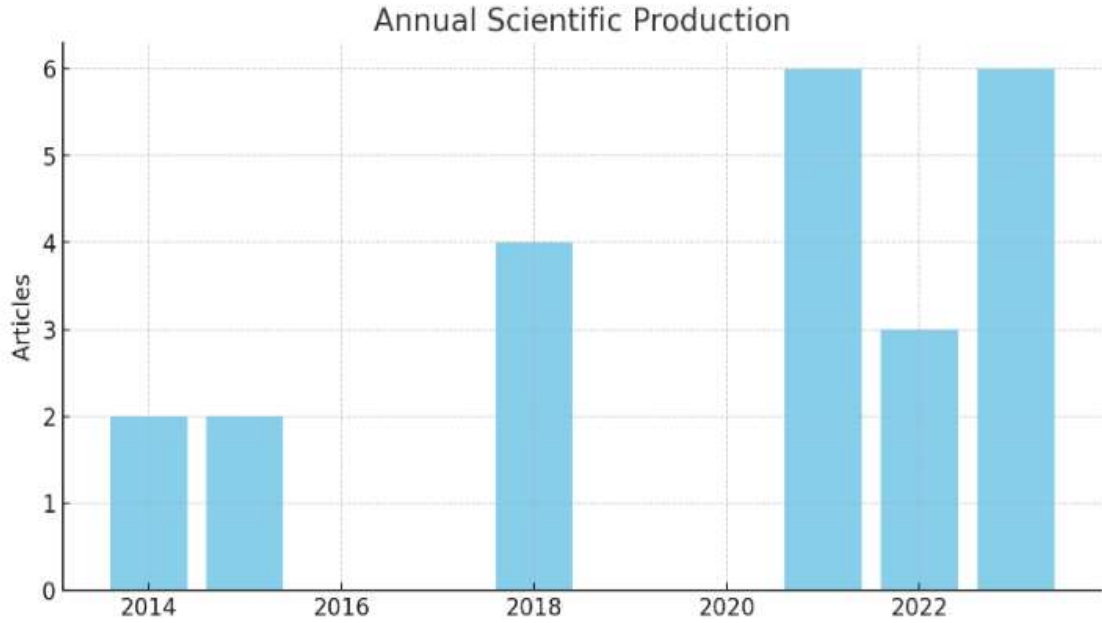


Şekil 31. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)

Tablo 5. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
NERG J, 2014, IEEE TRANS IND ELECTRON	128	11,64
ZHUANG W, 2016, APPL ENERGY	91	10,11
FERRARESI C, 2016, J BIOPHOTONICS	91	10,11
LIBESKIND NI, 2015, MON NOT R ASTRON SOC	90	9,00
LIM H, 2020, SENSORS	88	17,60
AKSJONOV A, 2018, INT J AUTOMOT TECHNOL	68	9,71
CAI M, 2020, APPL ENERGY	63	12,60
SUN X, 2019, ROB AUTOM SYST	50	8,33
ZHUANG W, 2016, IEEE ASME TRANS MECHATRON	49	5,44
NEMETH T, 2018, IEEE TRANS TRANSP ELECTRIF	49	7,00

5.5. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



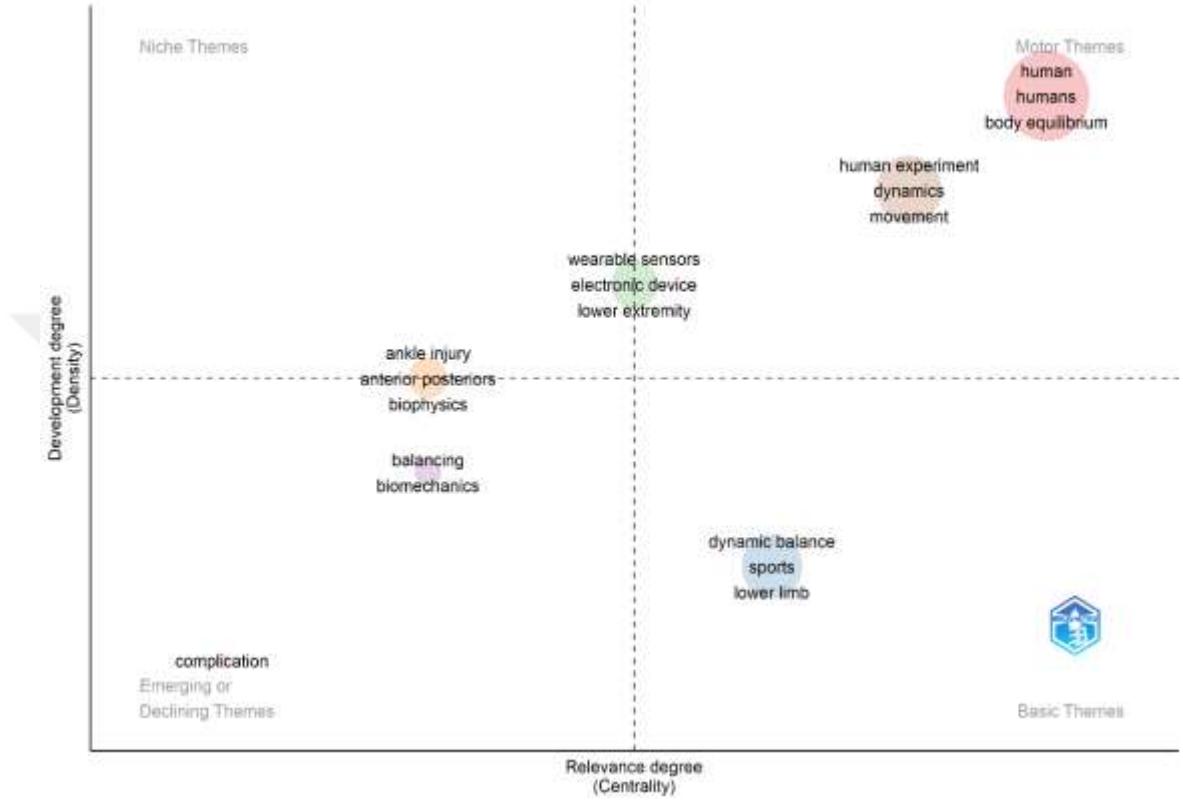
Şekil 32. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

Grafik, yıllar içinde üretilen bilimsel makalelerin sayısını göstermektedir. 2014 ve 2015 yıllarında sabit olarak 2 makale üretilmiştir. Ancak 2016 ve 2017 yıllarında hiç makale üretilmemiştir. 2018 yılında üretimde önemli bir artış olmuş ve 4 makale üretilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında tekrar hiç makale üretilmemiştir. 2021 yılında 6 makale üretilerek en yüksek üretim seviyesine ulaşılmıştır. 2022 yılında üretim 3 makaleye düşmüş, ancak 2023 yılında tekrar 6 makale ile zirveye çıkmıştır.

Bu dalgalanmalar, üretkenlikteki değişkenliği ve bazı yıllarda daha yoğun bir çalışma ya da yayın faaliyeti olduğunu göstermektedir. Bu tür dalgalanmalar, araştırma projelerinin doğası gereği veya finansman, ekip büyüklüğü, proje süreleri gibi dış faktörlere bağlı olabilmektedir.

Son yıllarda dinamik denge üzerine yapılan araştırmaların arttığı görülmektedir. 2019'dan itibaren artan bir trend ve özellikle 2021-2022 yıllarında bu konunun çokça ele alındığını söylenmektedir. Spor konusundaki araştırmaların da benzer şekilde 2018'den itibaren arttığı görülmektedir. Bu artış, sporun dinamik ve postüral denge üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaların önem kazandığını göstermektedir. Postüral denge 2019'dan itibaren araştırmalarda daha sık kullanılmaya başlanmış ve 2022'de önemli bir

yer edinmiştir. Humans (İnsanlar) ve Body Equilibrium (Vücut Dengesi) gibi terimler, spor ve denge çalışmalarında önemli anahtar kelimeler olarak öne çıkmıştır. İnsanların vücut dengesi üzerine yapılan çalışmaların artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 33. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları

Tematik haritada, statik ve dinamik dengenin spor ile ilişkisine yönelik anahtar kelimeler çeşitli kategorilerde sınıflandırılmış ve bu kategoriler hem gelişim derecesi (yoğunluk) hem de önem derecesi (merkezilik) açısından değerlendirilmiştir. Harita dört ana bölgeye ayrılmıştır.

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Örneğin, “human”, “humans”, “body equilibrium”, “human experiment”, “dynamics” ve “movement” gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır. İnsanlar ve

vücut dengesi gibi anahtar kelimeler, hem gelişmiş hem de merkezi temalar olarak öne çıkıyor. Bu konuların araştırmalarda derinlemesine ele alındığını ve önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir.

Niş (Niche) Temalar (Sol Üst Çeyrek)

Bu temalar, yüksek yoğunluk gösteren ancak düşük merkeziyete sahip konuları ifade etmektedir. Yani, bu temalar üzerinde detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, araştırma topluluğunda merkezi bir öneme sahip değildirler. Bu durum, temaların spesifik ve dar alanlara yönelik derinlemesine araştırmaları temsil ettiğini göstermektedir. Örneğin, “ankle injury”, “anterior posteriors”, “biophysics” gibi konular, belirli bir niş alanda detaylı incelemelere tabi tutulmuş olmakla birlikte, daha geniş bir akademik topluluk için daha az merkezi bir öneme sahip konular olarak değerlendirilmektedir.

İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

Bu temalar, düşük merkeziyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "balancing", "biomechanics", "complication" gibi konular, gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde ele alınmış olup daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Temel (Basic) Temalar (Sağ Alt Çeyrek)

Bu temalar, yüksek merkeziyete sahip ancak düşük yoğunluk gösteren konuları ifade etmektedir. Yani, araştırma dünyasında merkezi bir öneme sahip olmalarına rağmen üzerine yeterince detaylı çalışma yapılmamış temalardır. Örneğin, “dynamic balance”, “sports”, “lower limb” gibi konular, hem merkezi hem de önemli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, bu temaların mevcut araştırmaların ötesinde daha geniş ve ayrıntılı incelemelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Bu anahtar kelimeler, ilgili konuların merkezi olduğunu ancak hala gelişmekte olduğunu gösterir.

Diğer Önemli Temalar

Orta bölümde yer alan ve gelişim ile merkezilik açısından dengede olan anahtar kelimeler, araştırmaların önemli bir parçası olma potansiyeline sahiptir. “wearable

sensors”, “electronic device”, “ower extremity” gibi anahtar kelimeler, giyilebilir sensörler ve elektronik cihazların alt ekstremitte araştırmalarında önemli olduğunu ve bu alanda potansiyel bir büyüme olduğunu göstermektedir.

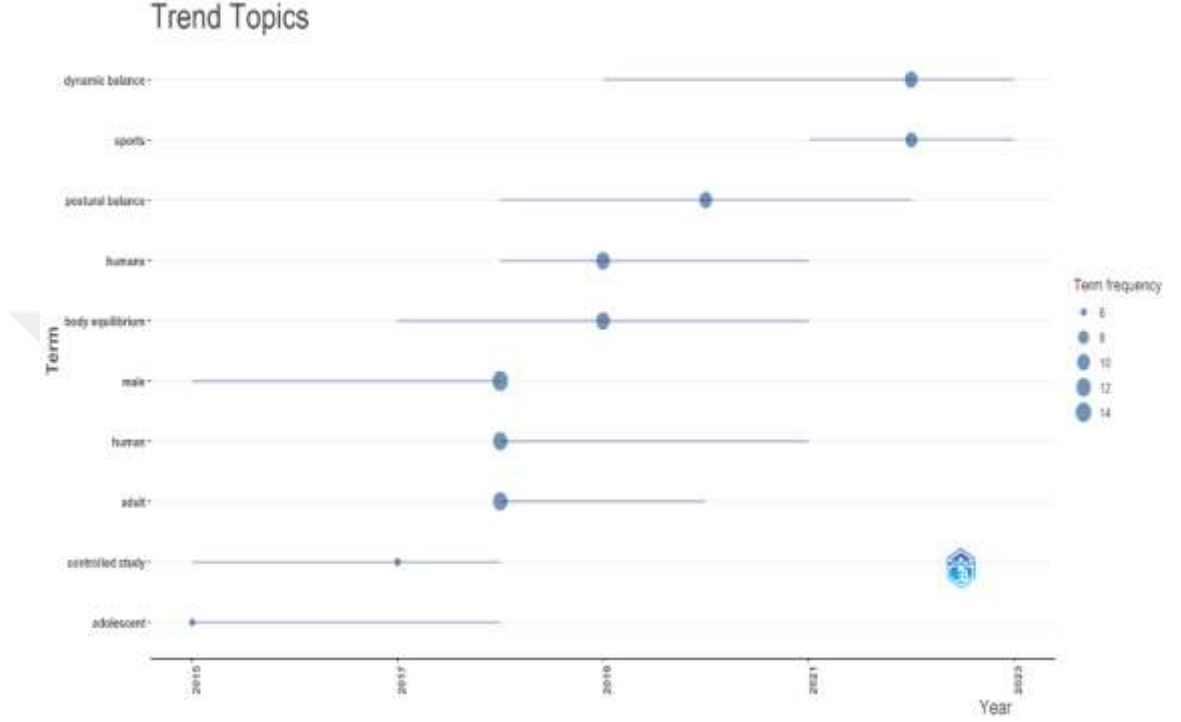
Sonuç olarak tematik haritada, statik ve dinamik dengenin spor ile ilişkisine yönelik araştırmaların insan ve vücut dengesi gibi motor temalarda oldukça gelişmiş olduğunu, dinamik denge ve spor gibi temel temaların ise hala gelişmekte olduğunu göstermektedir.



Şekil 34. . “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu

İncelenen 26 makalede, toplamda 50 farklı anahtar kelime tespit edilmiştir. Bu anahtar kelimeler, kelime bulutu biçiminde ve kullanım sıklıklarına göre Şekil 18'de görselleştirilmiştir. Spor ve fizik ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda en çok tercih edilen anahtar kelimeler büyük puntolarla ifade edilmiştir. İncelenen statik ve dinamik dengenin spor ilişkisi üzerine incelenen makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler

sırasıyla "male" 14 kez, "adult" 12 kez, "human" 12 kez, "body equilibrium" 11 kez, "humans" 11 kez, "dynamic balance" 10 kez, "female" 10 kez, "postural balance" 10 kez ve "sports" 9 kez tekrarlanmıştır.



Şekil 35. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

Grafikte, statik ve dinamik dengenin spor ile ilişkisine yönelik çeşitli terimlerin yıllar içindeki eğilimlerini görmekteyiz. Her bir terim, belirli yıllar arasında ne kadar sıklıkla kullanıldığını gösteren baloncuklar ile temsil edilmiştir. Baloncukların büyüklüğü, terimin o yıl içinde kaç kez kullanıldığını göstermektedir.

“Dynamic Balance” (dinamik denge) anahtar kelimesi 2019'dan 2023'e kadar düzenli olarak kullanılmış ve özellikle 2021-2022 yıllarında zirve yapmıştır. “Sports” (spor) anahtar kelimesi 2018'den 2023'e kadar sürekli olarak kullanılmış ve 2021-2022 yıllarında en yüksek sıklığa ulaşmıştır. “Postural Balance” (postüral denge) 2019'da başlayan bir trend olup, 2020 ve 2022 yılları arasında önemli bir kullanım sıklığına sahip olmaktadır. “Humans” (insanlar) anahtar kelimesi 2017'den itibaren düzenli olarak artış göstererek 2021 yılında önemli bir sıklıkta kullanılmıştır. “Body Equilibrium” (vücut dengesi) anahtar kelimesi 2019 ve 2021 yıllarında belirgin bir şekilde kullanılmıştır. “Male” (erkek) 2015'ten 2021'e kadar çeşitli yıllarda kullanılmış

ve 2019 yılında yüksek bir sıklıkta yer almıştır. “Human” (insan) 2016'dan itibaren kullanılmış ve 2021 yılında önemli bir sıklıkta görülmüştür. “Adult” (yetişkin) 2018'den 2020'ye kadar çeşitli yıllarda kullanılmıştır. “Controlled Study” (kontrollü çalışma) 2017 ve 2018 yıllarında belirgin bir sıklıkta kullanılmıştır. “Adolescent” (ergen) 2015'te kullanımı azken 2021'de tekrar ortaya çıkmıştır.

Genel olarak, "dinamik denge" ve "spor" gibi terimlerin özellikle son yıllarda daha sık kullanıldığı ve bu alanların araştırmalarda ve literatürde daha fazla ilgi gördüğü anlaşılmaktadır. Bu, sporun dinamik denge üzerindeki etkisinin ve ilişkili konuların giderek daha fazla araştırma konusu olduğunu göstermektedir.

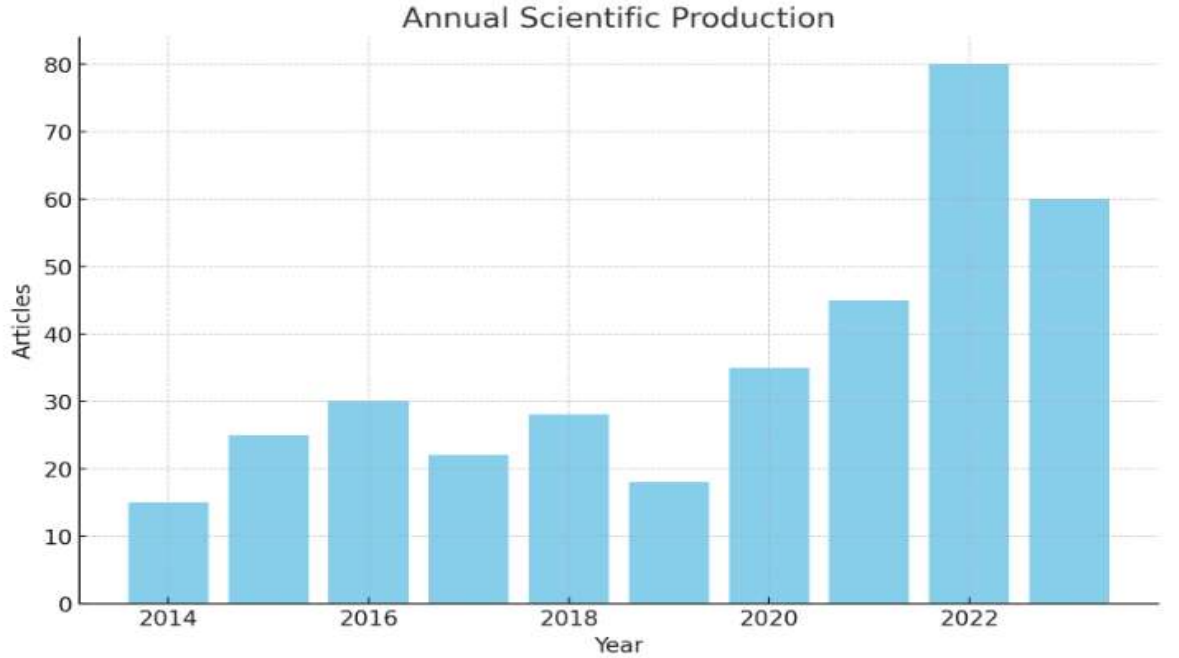


Şekil 36. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)

Tablo 6. “Statik ve Dinamik Denge” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Atıf Sayısı
WHITTAKER JL, 2015, OSTEOARTHRITIS CARTILAGE	147	14,70
LEE BG, 2015, TECHNOL HEALTH CARE	38	3,80
LOU C, 2018, SENSORS	18	2,57
BEHAN FP, 2018, J BIOMECH	16	2,29
LAM WK, 2019, J BIOMECH	15	2,50
CHOI A, 2016, J MED BIOL ENG	11	1,22
ALLOUI G, 2021, APPL SCI	10	2,50
ALLOUI G, 2021, APPL SCI-a	10	2,50
BOURELLE S, 2014, BURNS AND TRAUMA	8	0,73
CHANG NJ, 2021, APPL SCI	8	2,00

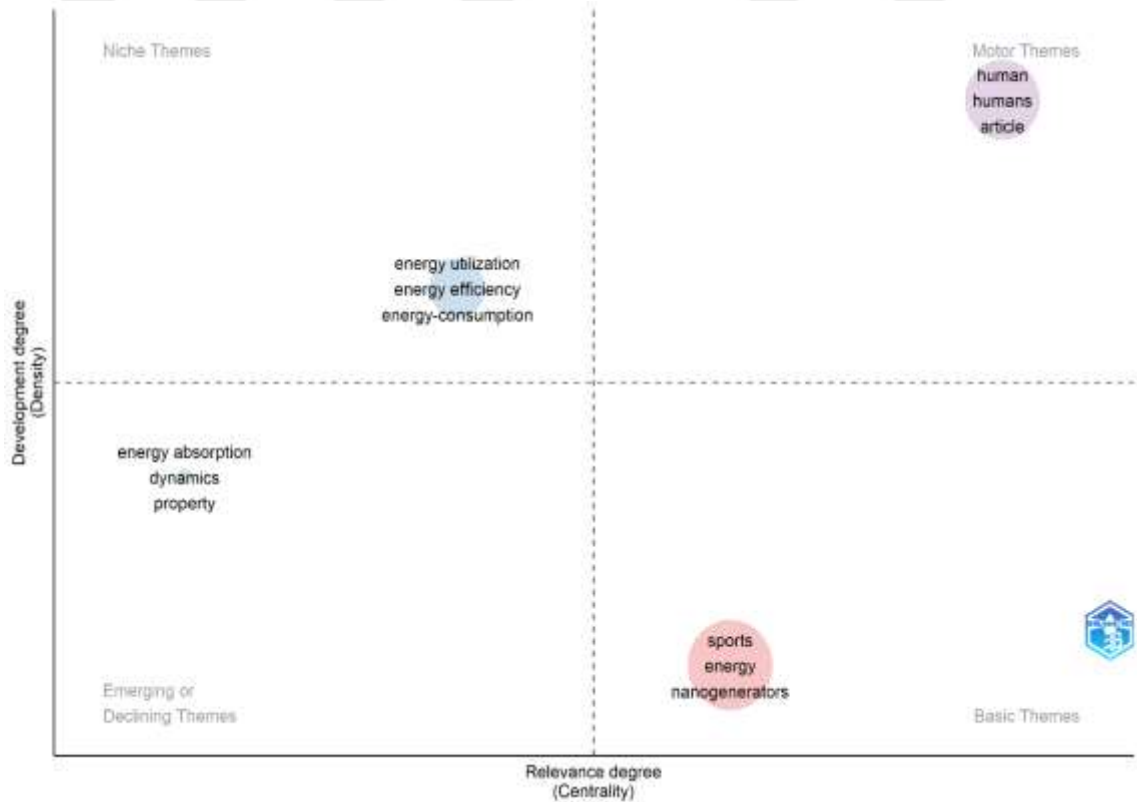
5.6.Enerji ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



Şekil 37. “Enerji” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

2014-2024 yılları arasındaki enerji ve spor bilimi üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, 2014 yılında üretilen makale sayısı 15, 2015 yılında belirgin bir artış görülüyor ve makale sayısı 25'e yükselmektedir. 2016 yılında en yüksek artışlardan biri yaşanmış ve makale sayısı 30'a çıkmıştır. 2017 yılında ise makale sayısında bir düşüş yaşanmış ve 22'ye gerilemiştir. 2020 yılında önemli bir artışla makale sayısı 35'e yükselmiş. 2021 yılında makale üretiminde sürekli bir artış gözlemlenmiş ve makale sayısı 45'e çıkmıştır. 2022 yılında en yüksek üretim seviyesi görülmüş ve makale sayısı 80'e ulaşmıştır. Grafikte genel olarak inişli çıkışlı bir seyir izlenmektedir. Özellikle 2021 ve 2022 yıllarında ciddi bir artış görülmektedir. 2022 yılı, en yüksek bilimsel üretimin olduğu yıl olarak dikkat çekmektedir. 2023 yılında bir düşüş olsa da, önceki yıllara kıyasla üretim hala yüksektir.

Bu grafik, bilimsel üretimdeki eğilimleri ve dönemsel değişimleri net bir şekilde ortaya koymaktadır. Özellikle son yıllarda artan üretim, bilimsel çalışmaların ivme kazandığını göstermektedir. 2022'deki zirve yılının ardından 2023'teki düşüş ise üretim yoğunluğunun sürdürülebilirliği hakkında düşünülmesi gereken bir noktadır.



Şekil 38. “Enerji” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları

Tematik harita, belirli bir konu veya temayı görsel olarak sunan bir harita türüdür. Geleneksel coğrafi haritaların aksine, yüzeyin fiziksel özelliklerini veya yerleşim birimlerini göstermek yerine, tematik haritalar belirli bir tema veya veri kümesi üzerinde yoğunlaşır. Bu haritaların temel amacı, kullanıcıya belirli bir konu hakkında detaylı ve özelleştirilmiş bilgi sağlamaktır. Harita üzerinden konu alanına ilişkin az ve çok çalışılmış konulara ulaşılabilir. Bu kapsamda yukarıdaki tematik harita incelendiğinde; bibliyometrik analiz sonucunda elde edilen temaları dört ana kategoriye ayırdığı görülmektedir.

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Örneğin, "article", "human" ve "humans" gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır. Bu temalar, enerji ve spor ilişkisi konusunda alanın çekirdeğini oluşturmakta ve en fazla ilgiyi üzerine çekerek kritik ve merkezi bir rol oynamaktadır.

Niş (Niche) Temalar (Sol Üst Çeyrek)

Bu temalar, yüksek yoğunluk gösteren ancak düşük merkeziyete sahip konuları ifade etmektedir. Yani, bu temalar üzerinde detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, araştırma topluluğunda merkezi bir öneme sahip değildirler. Bu durum, temaların spesifik ve dar alanlara yönelik derinlemesine araştırmaları temsil ettiğini göstermektedir. Örneğin, Enerji "energy utilization", "energy efficiency", "energy consumption" gibi konular, belirli bir niş alanda detaylı incelemelere tabi tutulmuş olmakla birlikte, daha geniş bir akademik topluluk için daha az merkezi bir öneme sahip konular olarak değerlendirilmektedir. Enerji verimliliği, enerji kullanımı, enerji tüketimi alanında araştırmalar spesifik konulara odaklanmış ve derinlemesine gelişmiştir, ancak genel araştırma bağlamında daha az ilgi görmüştür.

İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

Bu temalar, düşük merkeziyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "property", "dynamics" ve "energy absorption" gibi konular,

gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde ele alınmış olup, gelecekteki araştırmalar için potansiyel fırsatlar sunmaktadır. Daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmektedir.

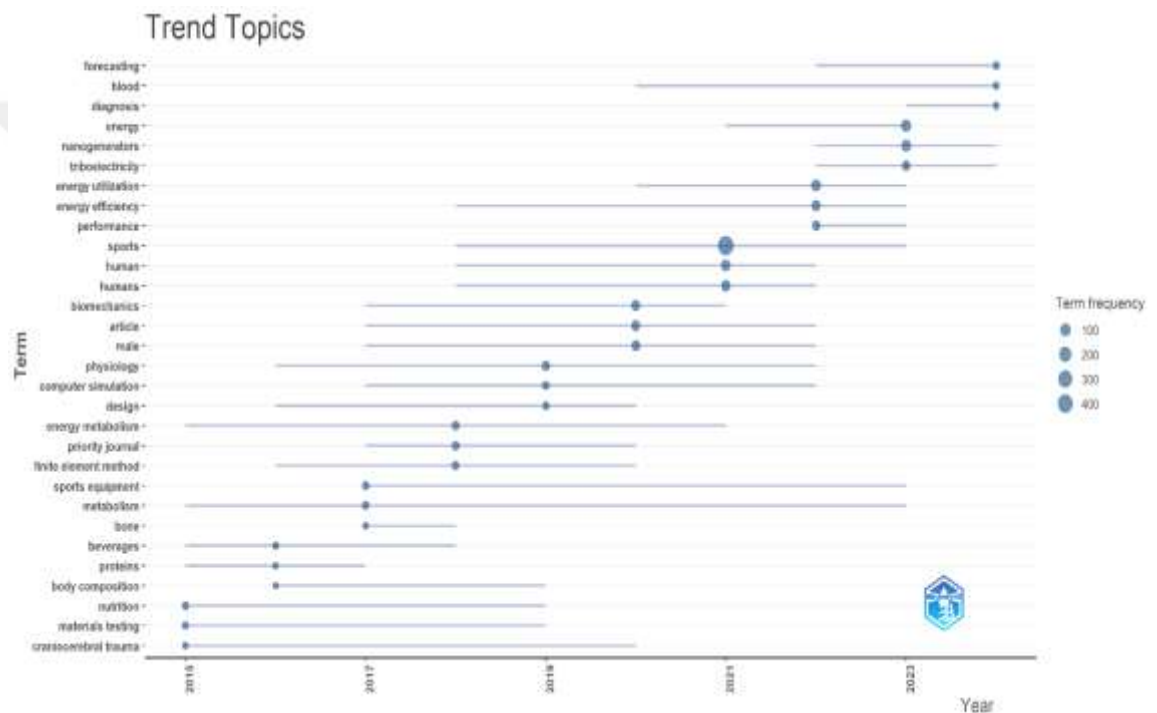
Temel (Basic) Temalar (Sağ Alt Çeyrek)

Bu temalar, yüksek merkeziyete sahip ancak düşük yoğunluk gösteren konuları ifade etmektedir. Yani, araştırma dünyasında merkezi bir öneme sahip olmalarına rağmen üzerine yeterince detaylı çalışma yapılmamış temalardır. Örneğin, "sports", "nanogenerators" ve "energy" gibi konular, hem merkezi hem de önemli alanlar olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 39. “Enerji” ve “Spor” Taraması Sonucu Elde Edilen Anahtar Kelimelerden Oluşan Kelime Bulutu

İncelenen 492 makalede, toplamda 50 farklı anahtar kelime tespit edilmiştir. Bu anahtar kelimeler, kelime bulutu biçiminde ve kullanım sıklıklarına göre Şekil 23'de görselleştirilmiştir. Spor ve fizik ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda en çok tercih edilen anahtar kelimeler büyük puntolarla ifade edilmiştir. İncelenen makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler sırasıyla "sports" 450 kez , "energy" 86 kez, "nanogenerators" 72 kez, "human" 65 kez, "energy utilization" 65 kez ve "energy efficiency" 46 kez tekrarlanmıştır.



Şekil 40. “Enerji” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

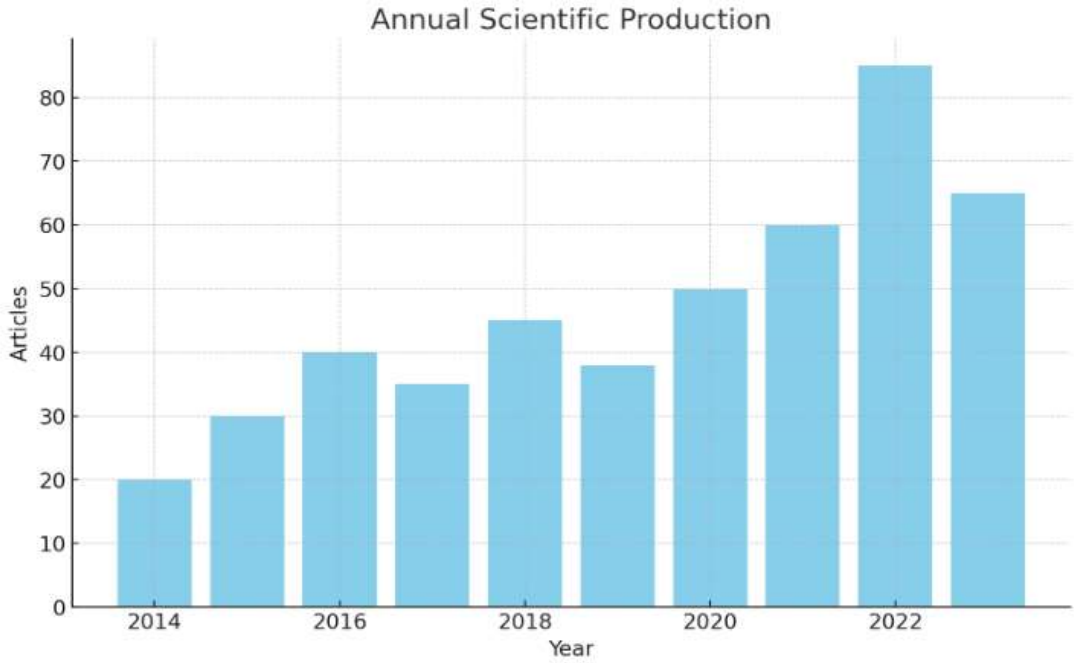
Trend topic grafiği, araştırma konularının zaman içindeki eğilimlerini ve ilişkilerini görselleştiren bir grafiktir. Bu grafik, belirli anahtar kelimeler veya konu başlıklarının yıllar içinde nasıl değiştiğini ve hangi konuların öne çıktığını göstermektedir. Yıl bazında popüler enerji ve spor ilişkisi konuları incelendiğinde; çizgilerin yıllara göre araştırmalarda kullanılan konuların başlangıcını ve bitişini, dairelerin ise konuların en yoğun kullanıldığı zamanı gösterdiği görülmektedir.

Bu grafik, enerji ve spor ilişkisinde zaman içinde trend olan konuları göstermektedir. Forecasting (Öngörü) 2022-2023 yılları arasında popüler hale gelmiştir. Blood (Kan) 2015'ten başlayarak sürekli bir ilgi görmüş ve 2023'te daha fazla kullanılmıştır. Diagnosis (Teşhis) 2021'den itibaren dikkat çekici bir artış göstermiştir.

Tablo 7. “Enerji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Atıf
ZHU M, 2019, ACS NANO	396	66,00
ZHANG Z, 2020, ADV MATER	302	60,40
YANG W, 2014, ADV FUNCT MATER	258	23,45
KIM H, 2016, IEEE TRANS MICROWAVE THEORY TECH	190	21,11
ZHANG J, 2023, COMPOS PART B: ENG	157	78,50
BLOCKEN B, 2018, J WIND ENG IND AERODYN	124	17,71
GUAN H, 2019, NANO ENERGY	113	18,83
YANG P, 2022, ACS NANO	104	34,67
BABARIT A, 2018, INT J HYDROGEN ENERGY	100	14,29
WANG K, 2019, APPL ENERGY	100	16,67

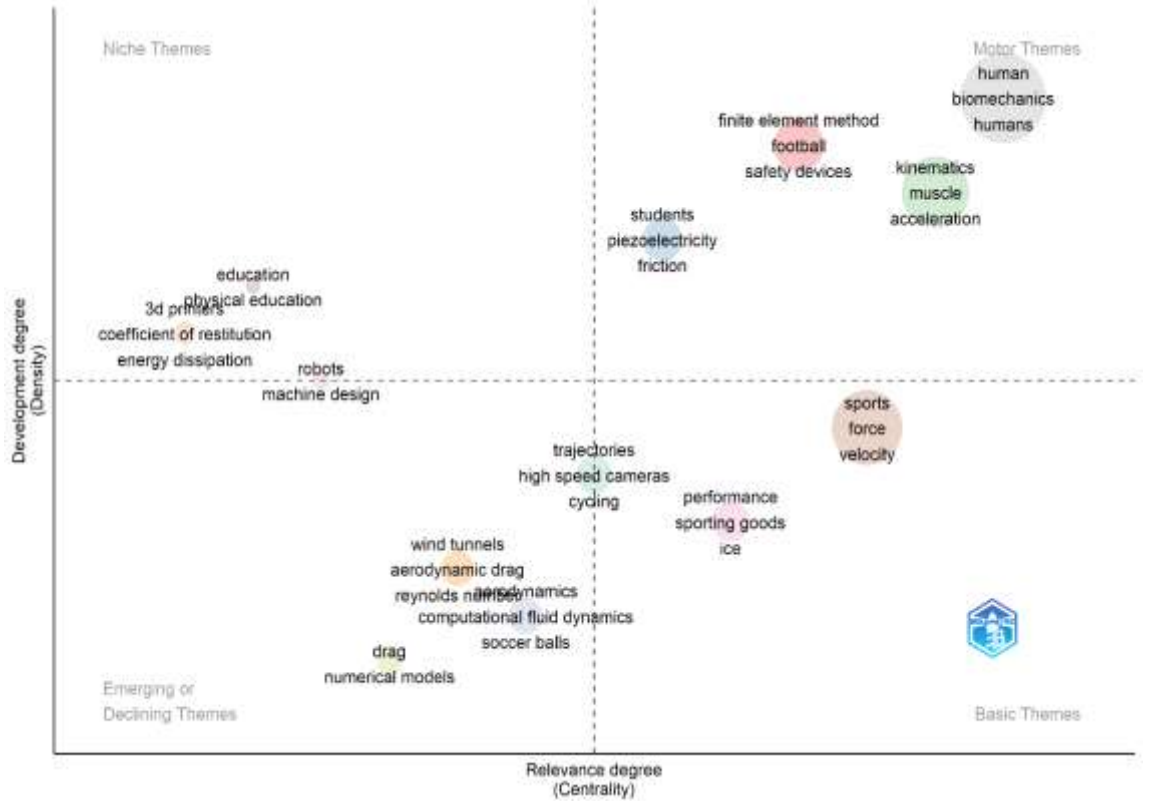
5.7.Kuvvet ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



Şekil 42. “Kuvvet” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

2014-2024 yılları arasındaki kuvvet ve spor bilimi üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, 2014'ten itibaren makale sayısında genel bir artış eğilimi görülmektedir. Özellikle 2021 ve 2022 yıllarında da belirgin bir artış trendi vardır. 2022 yılı en yüksek bilimsel üretimin gerçekleştiği yıl olarak dikkat çekmektedir. 2023 yılında bir düşüş olmasına rağmen, üretim önceki yıllara kıyasla hala yüksektir. 2022 yılında en yüksek üretim gerçekleşmiş ve 85 makale üretilmiştir.

Bu grafiğin gösterdiği gibi, bilimsel üretimde yıllar içinde dalgalanmalar yaşanmış, ancak genel trend artış yönünde olmuştur. Bu, bilimsel çalışmaların zamanla ivme kazandığını ve 2022 yılında zirveye ulaştığını göstermektedir. 2023'teki düşüş, 2022'deki yüksek üretim seviyesinin sürdürülebilirliği hakkında düşünülmesi gerektiğini işaret etmektedir.



Şekil 43. “Kuvvet” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları

Tematik harita, belirli bir konu veya temayı görsel olarak sunan bir harita türüdür. Geleneksel coğrafi haritaların aksine, yüzeyin fiziksel özelliklerini veya yerleşim birimlerini göstermek yerine, tematik haritalar belirli bir tema veya veri kümesi üzerinde yoğunlaşır. Bu haritaların temel amacı, kullanıcıya belirli bir konu

hakkında detaylı ve özelleştirilmiş bilgi sağlamaktır. Harita üzerinden konu alanına ilişkin az ve çok çalışılmış konulara ulaşılabilir. Bu kapsamda yukarıdaki tematik harita incelendiğinde; bibliyometrik analiz sonucunda elde edilen temaları dört ana kategoriye ayırdığı görülmektedir.

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Örneğin, "kinematics", "biomechanics", "human", "humans", "muscle", "piezoelectricity", "students" ve "acceleration" gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır.

Niş (Niche) Temalar (Sol Üst Çeyrek)

Bu temalar, yüksek yoğunluk gösteren ancak düşük merkeziyete sahip konuları ifade etmektedir. Yani, bu temalar üzerinde detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, araştırma topluluğunda merkezi bir öneme sahip değildirler. Bu durum, temaların spesifik ve dar alanlara yönelik derinlemesine araştırmaları temsil ettiğini göstermektedir. Örneğin, "physical education", "energy dissipation", "3d printers" ve "coefficient of restitution" gibi konular, belirli bir niş alanda detaylı incelemelere tabi tutulmuş olmakla birlikte, daha geniş bir akademik topluluk için daha az merkezi bir öneme sahip konular olarak değerlendirilmektedir.

İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

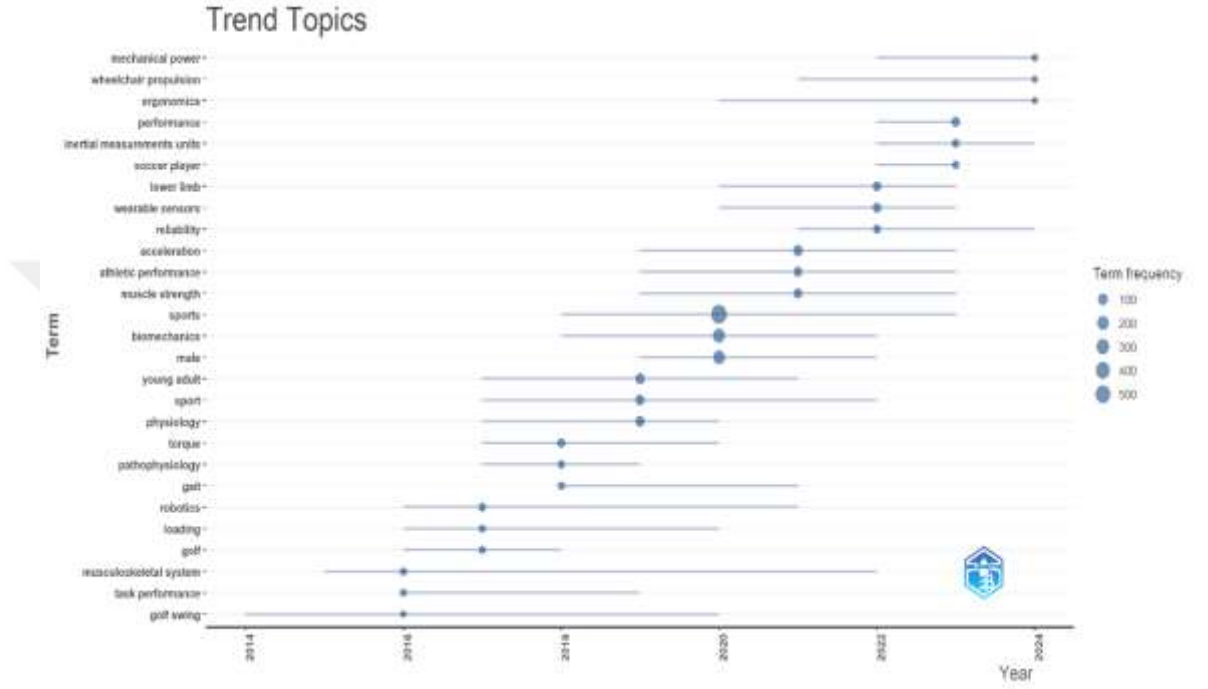
Bu temalar, düşük merkeziyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "drag", "aerodynamic drag", "wind tunnels", "computational fluid dynamics", "soccer balls" ve "aerodynamics" gibi konular, gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde ele alınmış olup daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Bu temalar, yüksek merkeziyete sahip ancak düşük yoğunluk gösteren konuları ifade etmektedir. Yani, araştırma dünyasında merkezi bir öneme sahip olmalarına rağmen üzerine yeterince detaylı çalışma yapılmamış temalardır. Örneğin, "force", "sports", "velocity", "sporting goods", "performance" ve "ice" gibi konular, hem merkezi hem de önemli alanlar olarak öne çıkmaktadır. Buz kelimesi, özellikle buz hokeyi, artistik patinaj ve sürat pateni gibi spor dallarında önemli bir faktördür. Bu sporlar, belirli fiziksel ve teknik gereksinimlere sahip olup, antrenman ve performans değerlendirmelerinde özel dikkate alınmalıdır.



İncelenen 586 makalede, toplamda 50 farklı anahtar kelime tespit edilmiştir. Bu anahtar kelimeler, kelime bulutu biçiminde ve kullanım sıklıklarına göre Şekil 44'de görselleştirilmiştir. Spor ve fizik ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda en çok tercih

edilen anahtar kelimeler büyük puntolarla ifade edilmiştir. İncelenen makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler sırasıyla "sports" 598 kez, "biomechanics" 211 kez, "human" 189 kez, "male" 190 kez, “ground reaction forces” 75 kez ve "force" 48 kez tekrarlanmıştır.



Şekil 45. “Kuvvet” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

Trend topic grafiği, araştırma konularının zaman içindeki eğilimlerini ve ilişkilerini görselleştiren bir grafikdir. Bu grafik, belirli anahtar kelimeler veya konu başlıklarının yıllar içinde nasıl değiştiğini ve hangi konuların öne çıktığını göstermektedir. Yıl bazında popüler kuvvet ve spor ilişkisi konuları incelendiğinde; çizgilerin yıllara göre araştırmalarda kullanılan konuların başlangıcını ve bitişini, dairelerin ise konuların en yoğun kullanıldığı zamanı gösterdiği görülmektedir.

Bu anahtar kelimeler, kuvvet ve spor ilişkisine dair yapılan araştırmalarda öne çıkan ve popüler olan konuları temsil etmektedir. Her bir anahtar kelime, bu alandaki spesifik ilgi alanlarını ve araştırma trendlerini yansıtarak, sporcuların performansını artırma, sakatlıkları önleme ve genel spor bilimine katkıda bulunma amacını taşımaktadır.

Biyomekanik ve kuvvet ilişkisinin ön planda olması, spor bilimlerinde bu iki alanın ne kadar önemli ve popüler olduğunu göstermektedir. Biyomekanik, sporcuların hareketlerini ve kuvvet uygulamalarını detaylı bir şekilde analiz ederek performanslarını artırmak ve sakatlıkları önlemek için kritik bilgiler sağlar. Özellikle 2020 yılında biyomekanik ve kuvvet ilişkisi ön planda gözükmemektedir. Biyomekanik ve kuvvet ilişkisinin araştırılması, sporcuların daha iyi performans göstermeleri ve daha sağlıklı bir şekilde spor yapmaları için büyük bir öneme sahiptir.

"Soccer player" (futbolcu) anahtar kelimesinin son yıllarda kuvvet ve spor ilişkisinde sıkça kullanılmasının sebebi, futbolun gerektirdiği fiziksel ve performans özelliklerinin kuvvet antrenmanları ile doğrudan bağlantılı olmasıdır. Kuvvet antrenmanları, futbolcuların performansını artırmak, sakatlıkları önlemek ve sahada daha etkili olmalarını sağlamak için temel bir araçtır. Bu nedenle, futbolcular ve antrenörler, kuvvet antrenmanlarını antrenman programlarının vazgeçilmez bir parçası olarak görmektedir.

Kuvvet antrenmanı, sporcuların performansını artırmak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu anahtar kelimenin grafikte öne çıkması, kuvvet antrenmanının sporcular için önemli bir bileşen olduğunu ve bu konudaki araştırmaların popülerliğini yansıtır. Özellikle profesyonel sporcular ve fitness meraklıları arasında bu tür antrenmanlar büyük ilgi görmektedir.

Atletik performans birçok spor dalında önemli bir hedef olduğu için bu anahtar kelime grafikte dikkat çekmektedir. Bu, kuvvet antrenmanının performans üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin nasıl optimize edilebileceğini araştıran çalışmaların popüler olduğunu göstermektedir.

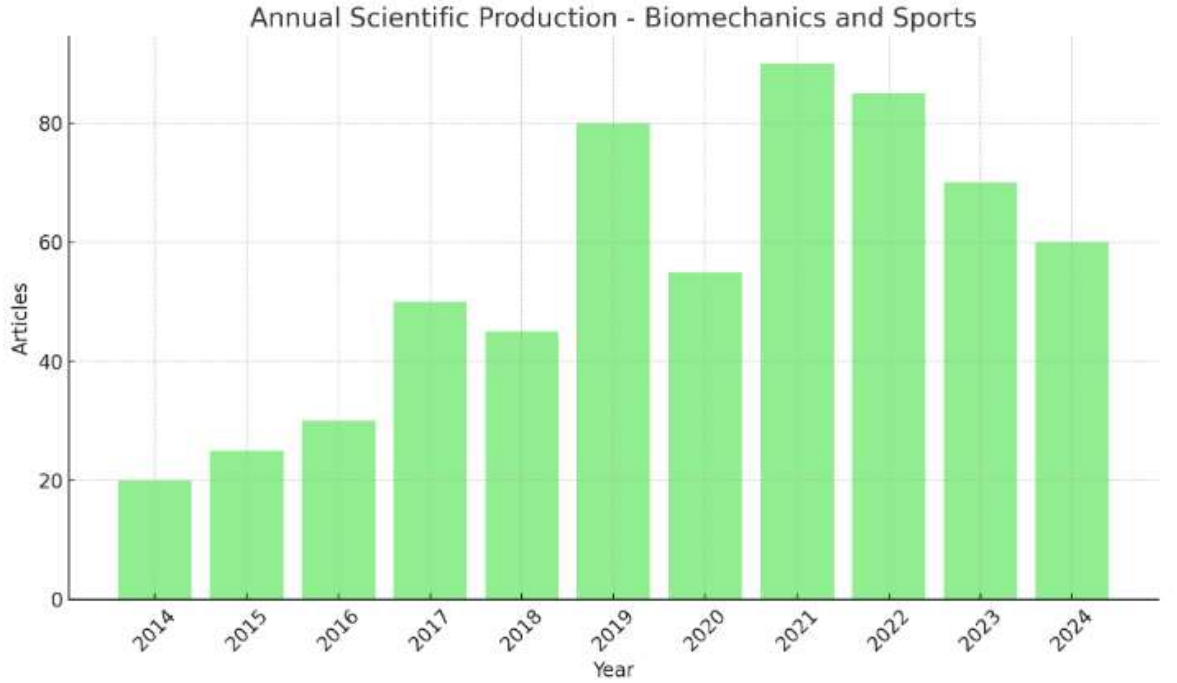
Kuvvet ve dayanıklılık arasındaki ilişki, sporcuların performansını optimize etmek için önemli bir konudur. Bu anahtar kelimenin trend olması, kuvvet antrenmanının dayanıklılık performansı üzerindeki etkilerini araştıran çalışmaların yaygın olduğunu göstermektedir.

Direnç antrenmanı, kuvvet antrenmanının bir alt kategorisi olarak kabul edilir ve genellikle ağırlık kaldırma, bantlarla egzersiz yapma gibi aktiviteleri içerir. Bu anahtar kelimenin trend olması, direnç antrenmanının sporcular arasında yaygın olarak kullanıldığını ve bu alandaki araştırmaların popüler olduğunu göstermektedir.

Tablo 8. “Kuvvet” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
ZHU M, 2019, ACS NANO	396	66,00
TIAN G, 2019, NANO ENERGY	229	38,17
WU Z, 2019, ADV ENERGY MATER	106	17,67
STETTER BJ, 2019, SENSORS	83	13,83
LLORCA C, 2017, SAF SCI	75	9,38
CROUCH TN, 2017, SPORTS ENG	75	9,38
TABORRI J, 2020, APPL BIONICS BIOMECH	73	14,60
ROWSON B, 2015, ANN BIOMED ENG	71	7,10
SKALS S, 2017, MULTIBODY SYST DYN	68	8,50
JOHNSON WR, 2021, IEEE TRANS BIOMED ENG	62	15,50

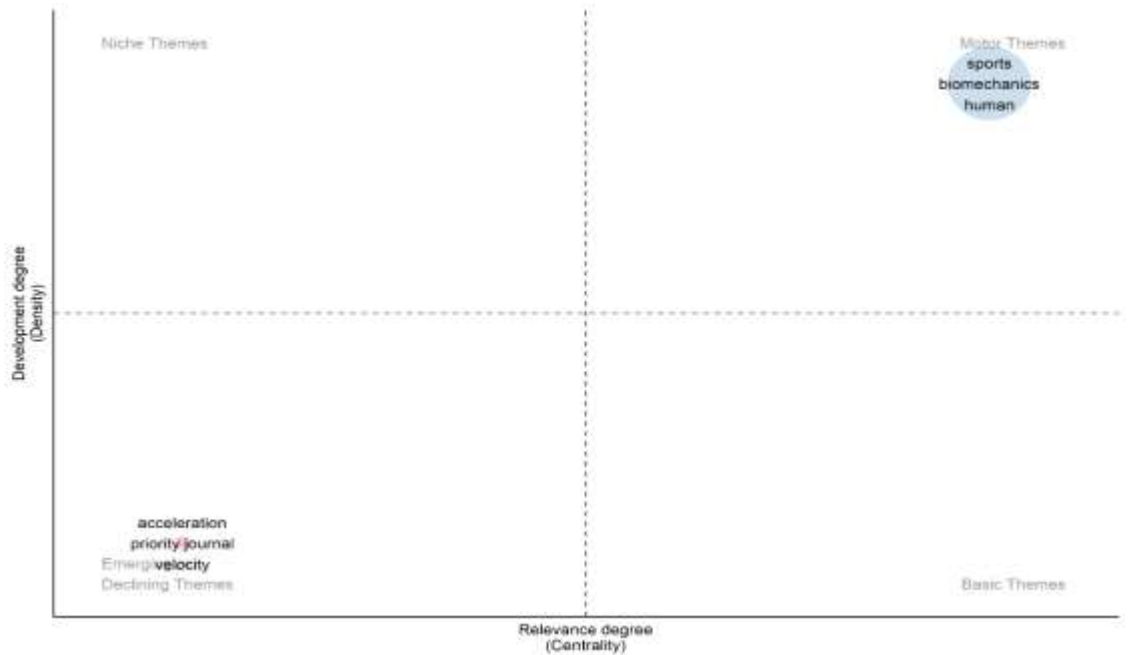
5.8. Biyomekanik ve Spor İlişkisi Üzerine Yapılan Bibliyometrik Analiz Verileri



Şekil 47. “Biyomekanik” ve “Spor” ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların yıl bazında değerlendirilmesi

2014-2024 yılları arasındaki biyomekanik ve spor bilimi üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, her yıl yayınlanan makale sayıları yer almaktadır. Yıllara göre değişen makale sayıları, bu konudaki araştırma ilgi ve yoğunluğunun nasıl değiştiğini göstermektedir. 2014-2016 yıllar arasında makale sayısında sürekli bir artış gözlemlenmiş, 2014 yılında 20 olan makale sayısı 2016 yılında 30'a çıkmıştır. 2017 yılında makale sayısında önemli bir artış yaşanmış ve 50'ye ulaşmıştır. 2018 yılında makale sayısında hafif bir düşüş olmuş ve 45'e gerilemiştir. Ancak 2019 yılında önemli bir artışla 80 makaleye ulaşılmıştır. 2020 yılında makale sayısında düşüş yaşanmış ve 55 makaleye gerilemiştir. 2021 yılında makale sayısı 90 makaleye ulaşmış ve en yüksek üretim seviyesi görülmüştür. 2022 yılında 85, 2023 yılında 70 ve 2024 yılında 60 makaleye gerilemiştir.

Bu dalgalanmalar, biyomekanik ve spor ilişkisi üzerine yapılan araştırmaların zaman içinde nasıl değiştiğini göstermektedir. Özellikle 2019 ve 2021 yıllarında yüksek bir ilgi olduğu, buna karşılık 2020 ve 2023-2024 yıllarında ilginin azaldığı görülmektedir. Bu dalgalanmalar, araştırma fonları, ilgi alanları ve diğer dış faktörlerden etkilenmiş olabilir. Genel olarak, biyomekanik ve spor ilişkisi üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda yüksek bir üretim seviyesi yakaladığı görülmektedir.



Şekil 48. “Biyomekanik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Tematik Harita Bulguları

Tematik harita, belirli bir konu veya temayı görsel olarak sunan bir harita türüdür. Geleneksel coğrafi haritaların aksine, yüzeyin fiziksel özelliklerini veya yerleşim birimlerini göstermek yerine, tematik haritalar belirli bir tema veya veri kümesi üzerinde yoğunlaşır. Bu haritaların temel amacı, kullanıcıya belirli bir konu hakkında detaylı ve özelleştirilmiş bilgi sağlamaktır. Harita üzerinden konu alanına ilişkin az ve çok çalışılmış konulara ulaşılabilir. Bu kapsamda yukarıdaki tematik harita incelendiğinde; bibliyometrik analiz sonucunda elde edilen temaları dört ana kategoriye ayırdığı görülmektedir.

Motor Temalar (Sağ Üst Çeyrek)

Bu temalar, hem yüksek merkeziyete (önem derecesi) hem de yüksek yoğunluğa (gelişim derecesi) sahip konuları temsil etmektedir. Bu durum, araştırma topluluğu içinde bu temaların oldukça önemli ve kapsamlı bir şekilde geliştirilmiş olduğunu göstermektedir. Örneğin, "sports", "human" ve "biomechanics" gibi konular, araştırma dünyasında merkezi bir yer edinmiş ve bu alanlarda yoğun bir şekilde çalışmalar yapılmıştır.

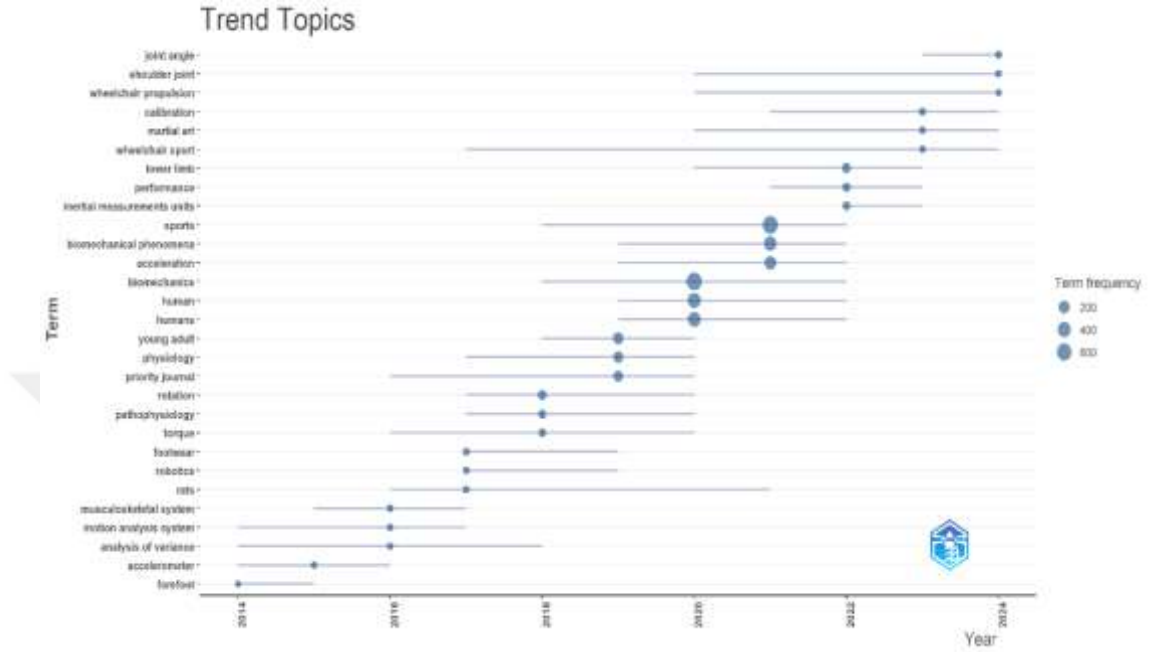
İlgi Kaybeden (Emerging or Declining) Temalar (Sol Alt Çeyrek)

Bu temalar, düşük merkeziyet ve düşük yoğunluk özelliklerine sahiptir. Bu durum, bu temaların ya henüz yeni ortaya çıkan ya da ilgi kaybeden konular olduğunu göstermektedir. Örneğin, "acceleration", "priority journal" ve "velocity" gibi konular, gelişim aşamasında olan veya akademik ve uygulamalı ilgi gören temalar olarak öne çıkmaktadır. Bu temalar, mevcut literatürde sınırlı bir şekilde ele alınmış olup daha fazla araştırma ve geliştirme gerektiren alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Biyomekanik ve spor konuları, özellikle motor beceriler gibi belirli alt alanlarda, hâlihazırda geniş çapta araştırılmıştır. Bu nedenle, bu konulardaki temel bilgiler ve bulgular yerleşmiş olabilir, bu da yeni araştırma ve yayınların yoğunluğunu azaltabilmektedir. Akademik araştırmalarda belirli konular zamanla popülerlik kazanıp kaybedebilir. Biyomekanik ve spor alanında, motor beceriler gibi bazı konular, önceki yıllarda yoğun ilgi görmüş olabilir ancak şu anda araştırmacılar daha yenilikçi veya farklı konulara yönelmiş olabilirler.

Yeni teknolojilerin ve araştırma yöntemlerinin gelişmesi, araştırmacıların dikkatini daha önce yeterince incelenmemiş veya yeni ortaya çıkan konulara

"biomechanical phenomena" 352 kez, "humans" 369 kez ve "kinematics" 292 kez tekrarlanmıştır.



Şekil 50. “Biyomekanik” ve “Spor” İlişkisi Üzerine Yıl Bazında Popüler Anahtar Kelimeler

Trend topic grafiği, araştırma konularının zaman içindeki eğilimlerini ve ilişkilerini görselleştiren bir grafiktir. Bu grafik, belirli anahtar kelimeler veya konu başlıklarının yıllar içinde nasıl değiştiğini ve hangi konuların öne çıktığını göstermektedir. Yıl bazında popüler biyomekanik ve spor ilişkisi konuları incelendiğinde; çizgilerin yıllara göre araştırmalarda kullanılan konuların başlangıcını ve bitişini, dairelerin ise konuların en yoğun kullanıldığı zamanı gösterdiği görülmektedir.

“Wheelchair propulsion” ve “wheelchair sport” gibi terimler 2020'den itibaren belirgin bir artış göstermiştir. Bu, tekerlekli sandalye sporlarına ve itme tekniklerine yönelik artan bir ilgi olduğunu göstermektedir. “Young adult”, “torque” ve “acceleration” gibi terimler son yıllarda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bu, genç yetişkinler ve kuvvet ile hızlanma konularının biyomekanik araştırmalarda daha fazla yer bulduğunu göstermektedir. “Joint angle”, “shoulder joint”, “biomechanics”, “sports”, ve “performance” gibi terimler 2014'ten beri sürekli olarak araştırmalarda yer almıştır. Bu terimler, biyomekanik ve spor bilimlerinde sürekli olarak önemli konular olarak kalmıştır. “Human” ve “humans” terimleri de bu dönemde sürekli olarak

kullanılmış, bu da araştırmaların büyük çoğunluğunun insan biyomekaniği üzerine odaklandığını göstermektedir. “Musculoskeletal system”, “motion”, “analysis system”, “accelerometer”, ve “forefoot” gibi terimler 2014-2018 yılları arasında popüler olup, sonrasında daha az kullanılmaya başlanmıştır. Bu konulara yönelik ilginin belirli bir dönem için yoğun olduğunu fakat sonrasında azaldığını göstermektedir. “joint angle”, “shoulder joint”, ve “wheelchair propulsion” terimleri 2024 yılına kadar artan bir yoğunlukla araştırılmıştır. Bu konuların giderek daha fazla ilgi çektiğini ve daha fazla araştırma yapıldığını göstermektedir.



Şekil 51. “Biyomekanik” ve “Spor” İlişkisine Yönelik Çalışmaların Hiyerarşik Tablosu (Ağaç Haritası)

Tablo 9. “Biyomekanik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
LU N, 2019, IEEE J BIOMEDICAL HEALTH INFORMAT	243	40,50
HERNANDEZ F, 2015, ANN BIOMED ENG	157	15,70
SIEGMUND GP, 2016, ANN BIOMED ENG	116	12,89
DENG C, 2018, ADV FUNCT MATER	109	15,57
REENALDA J, 2016, J BIOMECH	102	11,33
STETTER BJ, 2019, SENSORS	83	13,83
BLAIR S, 2018, J BIOMECH	75	10,71
GAO S, 2021, ADV SCI	74	18,50
TABORRI J, 2020, APPL BIONICS BIOMECH	73	14,60
ROWSON B, 2015, ANN BIOMED ENG	71	7,10

5.9. Makalelerin İçerik Analizi

Bulgular bölümünün ikinci aşamasında her bir temadan elde edilen makalelerin içerik analizine yer verilmiştir. İçerik analizi etki faktörü analizine dayandırılarak yapılmıştır. Etki faktörü analizi (Impact Factor Analysis) genellikle akademik dergilerin kalite ve etkisini ölçmek için kullanılan bir metriktir ve Eugene Garfield tarafından geliştirilmiştir.

Etki faktörü analizi, akademik dergilerin ve makalelerin bilimsel etkilerini değerlendirmek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu analiz, belirli bir dönemde yayınlanan makalelerin aldığı atıfları sayarak, dergilerin ve yazarların akademik performansını ölçmektedir. Bu yöntemin kullanılması, araştırma sonuçlarının daha geniş bir bilimsel topluluk tarafından nasıl kabul edildiğini ve kullanıldığını anlamak oldukça önemlidir. Analize dâhil edilecek dergiler belirlenir. Bu seçim, genellikle çalışmanın konusu ile ilgili en etkili ve saygın dergileri kapsar. Atıf verileri, Web of Science (WoS), Scopus gibi güvenilir atıf veri tabanlarından elde edilmektedir.

En çok atıf alan çalışmalar, bilimsel etki bakımından yüksek değerlere sahiptir ve bu nedenle alanın en önemli çalışmaları olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmaların analiz edilmesi, araştırmanın genel eğilimlerini ve bilimsel öncelikleri belirlemekte etkili olmaktadır.

Bu düşünceden hareketle spor bilimi ve fizik bilimi ilişkisinde incelenen aerodinamik, nanoteknoloji, tork ve açısal momentum, enerji, denge, kuvvet ve biyomekanik temaları hakkındaki araştırmalarda en fazla atıf yapan çalışmaların bibliyometrik analizleri yapılmış ve en çok atıf alan 10 çalışma belirlenmiştir. Bu çalışmalara ait tablo ve açıklamalar aşağıda sunulmuştur.

5.10. Nanoteknoloji

Tablo 10. “Nanoteknoloji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
LEE J, 2014, NANOSCALE	544	49,45
LUO J, 2019, NAT COMMUN	357	59,50
YANG W, 2014, ADV FUNCT MATER	257	23,36
OMANOVIĆ-MIKLIČANIN E, 2020, HEALTH TECHNOL	192	38,40
LIU Z, 2019, NANO ENERGY	154	25,67
LEE CH, 2017, ENVIRON SCI NANO	143	17,88
PARIDA K, 2017, NANO RES	118	14,75
WU Z, 2019, ADV ENERGY MATER	106	17,67
YANG P, 2022, ACS NANO	104	34,67
HE C, 2017, ACS APPL MATER INTERFACES	80	10,00

1. Jaehwan Lee vd., (2014) çalışmalarında, metal nanopartikül ince filmine dayalı gerilebilir bir gerilim sensörünü tanıtmaktadır. Sensör, hem çekme hem de basınç gerinimlerini tespit edebilir ve giyilebilir insan hareketi algılama cihazları için yüksek hassasiyet, tepki hızı ve mekanik sağlamlık sunar. Bu sensörler, sporcuların hareketlerini izlemek, fiziksel performansını değerlendirmek ve biyomekaniği analiz etmek için kullanılabilir. Ayrıca, spor ekipmanları ve atletik giysilerde entegre edilme potansiyeline sahiptir.
2. Jianjun Luo vd., (2019) yaptıkları çalışmada, spor alanında ahşap bazlı triboelektrik nanojeneratörlerin (TENG) kullanımını incelemektedir. Ahşap bazlı TENG'ler, mekanik enerjiyi elektriğe dönüştürerek sürdürülebilir algılama sistemleri sunmaktadır. Bu teknoloji, sporcu performansını izlemek için düşme noktası dağıtım sistemleri ve top değerlendirme sistemleri gibi uygulamalarla spor endüstrisinde yenilikçi bir çözüm sağlamaktadır. Araştırma, ahşap bazlı

malzemelerin elektrik çıkış performansını %70 oranında artıran iki aşamalı bir işlemle dönüştürüldüğünü ve çeşitli spor uygulamalarındaki potansiyelini göstermektedir.

3. Weiqing Yang vd., (2014) çalışmalarında, tek katmanlı triboelektrik nanojeneratörlerin (TENG) düşük çıkış akımı nedeniyle sınırlı olan uygulamaları, üç boyutlu (3D) entegre çok katmanlı TENG'lerle aşılabilir. Bu çalışmada, çevresel titreşim enerjisini toplamak için maliyeti etkin, basit ve sağlam bir yöntem olarak çok katmanlı bir TENG tanıtılmaktadır. Üstün senkronizasyon yeteneği sayesinde 3D-TENG, 1.14 mA kısa devre akımı ve 303 V açık devre voltajı üreterek 104.6 W m² tepe güç yoğunluğuna ulaşabilmektedir. Doğrudan bir güç kaynağı olarak, 20 adet 0.6 W spot ışığını ve bir beyaz G16 küre ışığını aynı anda aydınlatabilmektedir. Ayrıca, düşük frekans aralığında 36 Hz'ye kadar geniş bir çalışma bant genişliğine sahiptir. Spesifik boyut tasarımı sayesinde, 3 inç çapında bir topun içine yerleştirilen 3D-TENG, el sallama hareketiyle 32 ticari LED'i aynı anda aydınlatabilmektedir. Bu özellik, basketbol, futbol ve beyzbol gibi spor faaliyetleri sırasında bol miktarda ancak boşa harcanan kinetik enerjiyi toplama potansiyeli sunmaktadır. Bu yenilikçi yaklaşım, spor etkinlikleri sırasında oluşan titreşim ve hareket enerjisinin verimli bir şekilde toplanarak enerji üretimine dönüştürülmesini sağlamaktadır.
4. Enisa Omanovic vd., (2020) "Nanokompozitler: Kısa Bir İnceleme" başlıklı makalelerinde, nanokompozit malzemelerin özelliklerini ve çeşitli endüstrilerdeki uygulamalarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Nanokompozitler, özellikle sağlık ve teknoloji sektörlerinde geniş uygulama potansiyeline sahiptir. Makale, metal, seramik ve polimer matris nanokompozitlerini inceleyerek bu malzemelerin özelliklerini, avantajlarını ve dezavantajlarını açıklamaktadır. Ayrıca, nanokompozitlerin spor alanındaki potansiyel uygulamaları ve nanoteknolojinin makrodan nano ölçeğe geçişteki etkileri vurgulanmaktadır.
5. Liu vd., (2019) makalelerinde, spor ve sağlık hizmetlerinde kullanılmak üzere ultra yüksek hassasiyetli, kendi kendine çalışan basınç sensörlerinin geliştirilmesini ele alır. Sensörler, genişletilebilir mikrokürelerin bir PDMS

karışımına dahil edilmesiyle yapılmıştır. Bu sensörler, solunum ve nabız gibi fizyolojik sinyalleri izlemek için yüksek hassasiyet sunar. Makale, spor performans değerlendirmesi ve sağlık izleme uygulamaları için düşük güç tüketimi ve yüksek hassasiyet ihtiyacını vurgular.

6. Lee vd., (2017) araştırmalarında, nanoteknoloji ve organik kimya kullanarak su arıtma yöntemlerine odaklanmaktadır. Özellikle yağ-su ayırımında nanoteknolojinin kullanımını tartışan makale, nanomateriyallerin su ve gıda zincirini kirleten organik bileşenlere karşı etkili olabileceğini vurgulamaktadır. Su arıtma teknolojilerinin yanı sıra, nanoteknolojinin spor ekipmanları ve diğer endüstriyel ürünlerde artan kullanımı çevresel kaygıları da beraberinde getirmiştir. Bu çalışma, nanoteknolojinin su arıtma ve çeşitli diğer uygulamadaki önemini ve çevresel etkilerini ele alarak, spor alanında kullanımın çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmeyi amaçlamaktadır.
7. Parida vd., (2017)'nin yaptığı araştırma makalesi, 0,05 ila 600 kPa arasındaki basınç aralığını yüksek hassasiyetle algılayan kendi kendine çalışan bir basınç sensörünü tanıtmaktadır. Sensör, piezoelektrik polivinildiflorür-trifloroetilen (P(VDF-TrFE)) süngerin triboelektrik yüzey yükleri ile sinerjik etkilerinden faydalanmaktadır. Bu sensör, spor aktivitelerinde uygulama potansiyeline sahiptir; örneğin, sporcuların yaşadığı basıncı izlemek ve performans analizi yapabilmek için kullanılabilir. Ayrıca, sensör ağları ve akıllı robot teknolojilerinde de uygulama imkânı sunar.
8. Zhiyi Wu vd' nin (2024) makalesinde, triboelektrik nanogeneratör (TENG) teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş birçok işlevli sensör (MS) tanıtılmaktadır. Bu sensör, ivmeyi, kuvveti ve dönme parametrelerini algılayabilen, kendi kendine çalışan bir cihazdır. Sensör, spor alanında boksörlerin vuruş ivmesini ve golf sopalarının vuruş kuvvetini ölçmek için kullanılabilir. MS, spor performans değerlendirmesi, hareket analizi ve yaralanma önleme gibi uygulamalarda potansiyel göstermektedir.
9. Peng Yang vd., (2022) makalelerinde, triboelektrik nanogeneratör (TENG) teknolojisine dayalı bir ayakkabı içi sensör pedi (ISSP) tanıtılmaktadır. Bu sensör, spor aktiviteleri sırasında ayaküstündeki gerçek zamanlı stres dağılımını

izlemeye olanak sağlar. ISSP, her biri 7,27 MPa'ya kadar basıncı tespit edebilen çok sayıda hava kapsülü TENG sensör ünitesinden oluşur. Sensör, atletik performansı izlemek ve antrenmanları optimize etmek amacıyla adım sayımı yapabilir, ayakkabının kondisyonunu ve ayak parmaklarındaki stres konsantrasyonunu değerlendirebilir. ISSP'nin kablolu güç aktarımlı hibrit güç kaynağı sayesinde ayakların uzun süreli izlenmesi mümkündür. Bu teknoloji, sporcu antrenmanlarını ve spor ayakkabısı tasarımını optimize etmek için potansiyel sunmaktadır.

10. Chuan He vd., (2017) yaptıkları çalışmada, enerji hasadı ve hareketi algılaması için entegre bir triboelektrik nanojeneratör (SF-TENG) ile donatılmış akıllı bir zemin tasarımını ortaya koymaktadır. Akıllı zemin, çeşitli enerji toplama ve hareketi algılama yeteneklerine sahip olup, yaşlı bireylerde düşme algılaması, spor sahalarında enerji toplama ve ev otomasyon sistemlerinde hareket sensörü olarak kullanılabilir. SF-TENG, basketbol topalarının sıçraması ve insan ayak sesleri gibi çeşitli uyaranlardan voltaj ve akım çıkışları üretebilmektedir..

5.11. Aerodinamik

Tablo 11. “Aerodinamik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
BLOCKEN B, 2018, J WIND ENG IND AERODYN	123	17,57
LLORCA C, 2017, SAF SCI	75	9,38
CROUCH TN, 2017, SPORTS ENG	75	9,38
BARRY N, 2015, PROC INST MECH ENG PART P J SPORTS ENG TECHNOL	46	4,60
MALIZIA F, 2020, J WIND ENG IND AERODYN	43	8,60
KUREC K, 2019, INT J MECH SCI	27	4,50
MALIZIA F, 2021, J WIND ENG IND AERODYN	21	5,25
HOSSEINIAN AHANGARNEJAD A, 2018, JVC/J VIB CONTROL	19	2,71
CORNO M, 2016, IEEE TRANS CONTROL SYST TECHNOL	18	2,00
ELFMARK O, 2021, J BIOMECH	17	4,25

1. Bert Blocken vd., (2018) çalışmalarında CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) simülasyonları ve rüzgâr tüneli testleri kullanarak bisiklet pelotonlarındaki (ana grup veya topluluk) aerodinamik sürtünmeyi araştırmaktadır. Özellikle, pelotonun ortasında yer alan bir bisikletçinin sürüklenme direncinin nasıl azaltılabileceğine dair yeni bulgulara odaklanmaktadır. Bu çalışmalar, peloton stratejilerinin ve pozisyonlarının aerodinamik avantajlarını detaylandırmaktadır. Bisikletçiler genellikle enerji tasarrufu yapmak ve aerodinamik avantaj sağlamak için peloton içinde sürmektedir. Bu grupta sürmek, hava direncini önemli ölçüde azaltır çünkü önde giden bisikletçiler, arkadaki bisikletçilerin rüzgâr direncine maruz kalmasını engellemektedir. Bu, enerji tasarrufu yapmalarına ve yarış performanslarını artırmalarına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla, bu tür stratejik pozisyonlamalar, bisiklet sporunda fiziksel prensiplerin etkin bir şekilde kullanıldığını göstermektedir.
2. Carlos Llorca vd., (2017) çalışmalarında, motorlu araçların bisikletçileri geçişi sırasında lateral mesafe (bisiklet yarışlarında, bisikletçiler arasındaki yan mesafe, rüzgar direncini azaltmak ve güvenliği sağlamak için) ve araç hızı konularını incelemektedir. Araştırma, İspanya'daki trafik kurallarına göre motorlu araçların bisikletleri geçerken minimum 1,5 metre mesafe bırakmalarını gerektirmektedir. Çalışma, geçiş sırasında bisikletçinin risk algısını etkileyen faktörleri de araştırmaktadır. Bu çalışma, minimum 1,5 metre yanal açıklığın gerekli olduğu İspanya'da iki şeritli kırsal yollarda bisikletlilerin motorlu taşıtlar tarafından sollanması sırasında yanal açıklığı ve araç hızını incelemektedir. Çalışma, yalnızca yanal açıklığa odaklanan mevcut standartların yetersiz olduğunu öne sürmekte ve ağır araçların hızını ve etkisini dikkate alan yeni kriterler önermektedir.
3. Timothy, (2017) çalışmalarında, elit seviye bisiklet yarışlarının aerodinamiğini detaylandırmaktadır. Spor bisikletlerinin aerodinamik performansının önemine vurgu yaparak, gelecekteki araştırma konularını ele almaktadır. Bisikletçilerin performanslarını optimize etmek için kullanılan çeşitli aerodinamik stratejileri incelemektedir. İnceleme, insan vücudunun karmaşık yapısı ve yarış ortamının değişkenliği nedeniyle bisiklet aerodinamiğinin karmaşıklığını vurgulamaktadır.

Ayrıca, bu alandaki mevcut bulguların bisiklet sporunu nasıl geliştirdiği ve gelecekteki araştırma alanlarını belirlediği ele alınmaktadır.

4. Nathan Barry ve David Burton (2015) çalışmalarında, yol bisikleti ve triatlon sporlarındaki aerodinamik performans ve sürüş duruşunun önemini ele almaktadır. Çalışma, farklı bisiklet duruşlarının gerekli bisikletçi gücünü nasıl etkileyebileceğini ve bazı duruşların gücü önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermektedir. Araştırma, çeşitli duruşlar için öngörülen hız profilleri ve sürüklenme katsayılarının ölçümlerini sunmakta ve sürüklemedeki farklılıkların iz kusuru ve türbülans yoğunluk dağılımındaki değişikliklerle ilişkili olduğunu göstermektedir. Bulgular, yol bisikleti ve triatlon etkinliklerinde performansı artırmak amacıyla sürüş duruşlarını optimize etme konusunda sporcular ve antrenörler için oldukça önemlidir.
5. Fabio Malizia ve Bert Bloken (2020) çalışmalarında, bisiklet aerodinamiğinin tarihsel gelişimini, aerodinamiğinin geçmişi ve en son teknolojileri hakkında kapsamlı bir inceleme sunarak, bisiklet performansında aerodinamiğin önemini vurgulamaktadır. günümüzdeki durumu ve gelecekteki perspektiflerini kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Bisikletçilerin toplam dirençlerini azaltmak için kullanılan çeşitli aerodinamik ekipmanların etkilerini ve bu alandaki teknolojik yenilikleri detaylandırmaktadır. Ayrıca, rüzgâr tüneli ve CFD simülasyonları gibi metodolojilerle yapılan çalışmaların bulgularını sunmaktadır. Yazarlar ön bölge ve giyim gibi toplam direnci etkileyen faktörler üzerine kapsamlı araştırmaları tartışıyorlar. Aerodinamik sürüklemenin bisiklet performansı üzerindeki etkisi ve bunun değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler araştırılmaktadır. Aerodinamik kuvvetleri ve momentleri değerlendirmek için güç modellerinin ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) simülasyonlarının kullanımının yanı sıra saha testlerinin zorlukları ve sınırlamaları da tartışılmaktadır.
6. Kurec vd., (2019) çalışmalarında, spor otomobillerin frenleme performansını artırmak için kullanılan farklı aerodinamik düzenleri incelemektedir. Araştırma, arka kanadın yüksek hücum açısında çalıştırılarak havalı fren olarak kullanılmasının fren mesafesini %31'e kadar azaltılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, otomobilin içine gizlenmiş küçük hareketli aerodinamik elemanların

kullanılmasını da incelemektedir. Araştırmacılar, bir targa üstü araba gövdesinin aerodinamik kuvvetlerini ve akış özelliklerini analiz etmek için rüzgâr tüneli verilerini ve CFD hesaplamalarını kullanmaktadır. Sürtünmeyi önemli ölçüde artırmadan bastırma kuvvetini artırmanın alternatif yöntemleri de araştırılmıştır. Çalışma, aktif aerodinamiğin özellikle yüksek hızlarda ve kötü yol koşullarında ek sürtünme ve bastırma kuvveti üreterek frenleme performansını artırma potansiyeline vurgu yapmaktadır.

7. Fabio Malizia ve Bert Blocken (2021) çalışmalarında, bisikletçilerin aerodinamik performansını geliştirmeye yönelik önemli yenilikleri ve araştırmaları detaylandırmaktadır. Bisikletçilerin hızlarını artırmak ve dirençlerini azaltmak için yapılan çalışmaların tarihsel gelişimini ve günümüzdeki en ileri teknolojileri ele almaktadır. Aerodinamik ekipmanların evrimini, bisiklet pozisyonlarının optimizasyonunu ve bu gelişmelerin yarış performansı üzerindeki etkilerini incelemektedir.
8. Arash Hosseinian Ahangarnejad vd., (2018) yaptıkları bilimsel çalışmalarında normal kuvvetlerin lastikler arasındaki dağılımı, aracın performansını özellikle yol tutuşu ve güvenlik açısından önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, normal yükleri kontrol ve düzenleme teknolojilerinin gelişimi, aracın kontrol edilebilirliğini artırma potansiyeline sahiptir. Bu makalede, aktif kontrollü aerodinamik sistemin bir spor aracın virajlardaki performansını ve güvenlik marjlarını artırmadaki etkinliği gösterilmektedir. Yük dağılımını değiştirmek için ön vda spoylerlerin saldırı açıları zıt yönlerde değiştirilerek yüksek hızda ön vda akslardaki normal yükler kontrol edilmektedir. Kontrollü sistemin performansı, 14 serbestlik derecesine sahip doğrusal olmayan bir araç modeli ile analiz edilmiştir. Sayısal simülasyonlar, kontrol mantığının aşırı dönüş (oversteer)/az dönüş (understeer) tepkisini nasıl etkileyebileceğini, aracın hem stabilitesini hem de performansını nasıl iyileştirebileceğini anlamak için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kontrol sistemlerinin sürtünme katsayısının değişimine karşı dayanıklılığı da değerlendirilmiştir. Çalışma sporla ilişkilendirildiğinde, özellikle yüksek performanslı spor araçlarının virajlardaki yol tutuşunu ve güvenliğini artırmak için aerodinamik sistemlerin nasıl optimize edilebileceğini göstermektedir. Bu tür gelişmiş kontrol sistemleri, yarış

arabalarının virajlarda daha iyi performans göstermesini sağlamakta ve sporcuların güvenliğini artırmaktadır. Özellikle yarış sporlarında, aracın viraj alma kabiliyeti ve stabilitesi büyük önem taşıdığı için bu tür teknolojiler yarış performansını ve sporcuların güvenliğini doğrudan etkilemektedir.

9. Matteo Corno vd., (2016) çalışmalarında, aktif aerodinamik yüzeylerin (AAY) araç dinamiklerini kontrol etmek için nasıl kullanılabileceğini incelemektedir. Çalışma, kapalı döngü yaklaşımıyla yaylı kütle salınımlarını en aza indirmek için dört bağımsız aerodinamik yüzey kullanan konfor odaklı bir sürüş kontrol sistemi sunmaktadır. Farklı araç kütleleri, yol pürüzlülüğü ve sürüş hızları için yapılan performans analizi, AAY'lerin yüksek hızlarda yol tutuşunu olumsuz etkilemeden konforu ortalama %30 artırdığını gösteriyor. AAY'ler, dikey hızlanmayı kontrol edebilen, konfor ile yol tutuşu arasındaki dengeyi potansiyel olarak ortadan kaldıran ayarlanabilir kanatlardan oluşmaktadır.
10. Ola Elfmark (2021) çalışmasında, rekabetçi yarışlarda sıkışmış pozisyonların aerodinamiğini incelemek ve bir kayakçının pozisyonunun hava akışını ve dolayısıyla aerodinamik sürüklemeyi nasıl etkilediğini daha iyi anlamaktır. Çalışmada, hem deneysel hem de simülasyon yöntemlerinin bir kombinasyonu kullanılarak, özellikle kayakçının gövde ve uyluk açılarının hava akış yönüne etkisi incelenmiştir. Çünkü bu iki açının, sıkışmış pozisyonlarda aerodinamik performansın önemli belirleyicileri olduğu tespit edilmiştir. Dünya sıralamasında ilk 30'a giren iki kayakçı, iki farklı rüzgâr tüneline test edilmiştir ve sonuçlar, sporculardan birinin 3 boyutlu taraması kullanılarak gerçekleştirilen Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonları ile karşılaştırılmıştır. Gövde ve uyluk açılarının kayakçı sürüklenmesi üzerindeki etkisini ölçmek için sürüklenme, temel pozisyonlara göre değerlendirilmiştir.

Bu on makaleyi karşılaştırdığımızda, spor alanında farklı konulara odaklanmalarına rağmen, hepsinin ortak noktası aerodinamiğin spor performansı üzerindeki önemli etkilerini incelemeleridir. Bisiklet aerodinamiği, spor otomobillerinin aerodinamik düzenleri, kış sporlarındaki aerodinamiğin rolü ve sporcuların aerodinamik performansı gibi geniş bir konu yelpazesini kapsamaktadırlar. Bu çalışmalar, spor malzemeleri ve ekipmanı tasarlama, sporcuların performansını iyileştirme ve spor branşlarının gelişimi üzerinde önemli etkiler yaratabilir.

5.12. Tork ve Açısal Momentum

Tablo 12. “Tork ve Açısal Momentum” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
NERG J, 2014, IEEE TRANS IND ELECTRON	128	11,64
ZHUANG W, 2016, APPL ENERGY	91	10,11
FERRARESI C, 2016, J BIOPHOTONICS	91	10,11
LIBESKIND NI, 2015, MON NOT R ASTRON SOC	90	9,00
LIM H, 2020, SENSORS	88	17,60
AKSJONOV A, 2018, INT J AUTOMOT TECHNOL	68	9,71
CAI M, 2020, APPL ENERGY	63	12,60
SUN X, 2019, ROB AUTOM SYST	50	8,33
ZHUANG W, 2016, IEEE ASME TRANS MECHATRON	49	5,44
NEMETH T, 2018, IEEE TRANS TRANSP ELECTRIF	49	7,00

1. Janne Nerg vd., (2014) çalışmalarında, tam elektrikli bir spor otomobil için doğrudan tahrikli sabit mıknatıslı senkron makinelerin (PMSM'ler) tasarım sürecine odaklanmaktadır. Çalışma, enerji verimliliği ve hızlanma sırasındaki tork gereksinimlerini vurgulayarak, doğrudan tahrikli PMSM'lerin tasarım sürecini ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır. Ayrıca, makale, tasarım seçenekleri, termal hususlar ve gerçek dünya performans testlerini içermektedir. Bu yaklaşım, elektrikli spor otomobillerin performansını artırmada önemli bir rol oynamaktadır.
2. Weichao Zhuang vd., (2016) çalışmalarında, spor hizmet araçları (SUV) ve hafif kamyonlar (LT) için çok gezegenli dişli güç dağıtımli hibrit güç aktarma organlarının optimizasyonuna odaklanmaktadır. Çalışma, daha iyi yakıt ekonomisi ve yüksek fırlatma performansı elde etmeyi amaçlayan, üç gezegen dişli (3PG) hibritlerin tasarımı için hızlı bir yapı optimizasyon yöntemi önermektedir. Mod kombinasyonu yaklaşımı kullanılarak, yakıt tasarrufu ve yüksek performans modları birleştirilmektedir. Bu yöntem, hibrit güç aktarma organları tasarımında önemli bir ilerleme sağlamaktadır.
3. Cleber Ferraresi vd.(2016) Fotobiyomodülasyon (PBM) üzerine odaklanan bu çalışmada, kırmızı veya yakın kızılötesi ışık kullanarak hasarlı kas dokusunu

iyileştirmeyi amaçlamaktadır. PBM, kas kütlesi artışı, inflamasyon azalması ve kas performansı iyileşmesi gibi faydalar sağlayabilmektedir. Araştırmalar, PBM'nin spor performansını artırma ve kas iyileşmesini hızlandırma potansiyelini göstermektedir. Ancak, PBM'nin optimal parametreleri hakkında daha fazla araştırma gerekmektedir.

4. Noam I. Libeskind vd.(2015) çalışmalarında, yerel evrendeki büyük galaksilerin çevresinde gözlemlenen uydu galaksilerin düzlemleri ile kozmik ağın hız alanı arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Uyduların anizotropik dağılımı, kozmik ağın hız alanının uydu galaksilerin dağılımını şekillendirdiğini göstermektedir. Bu hızalanma, büyük ölçekli yapı hız alanının galaksi oluşumunu nasıl etkilediğine dair önemli bilgiler sunmaktadır.
5. Hyerim Lim vd., (2019) çalışmalarında sakrum yakınında bulunan tek bir atalet ölçüm ünitesinden (IMU) gelen verileri kullanarak insan yürüyüşü sırasında alt ekstremitelerin kinetiğini ve kinematiğini tahmin etmede yapay sinir ağı (YSA) tekniklerini araştırmaktadır. Çalışma, kütle merkezi (CoM) ve yer reaksiyon kuvvetleri (GRF'ler) arasındaki dinamik ilişkiyi inceleyerek, yürüyüş sırasında alt ekstremita dinamiklerini tahmin etmek için CoM'yi kullanılmaktadır. Bulgular, CoM'nin yürüme sırasındaki çok bölümlü kinetiğin dinamik bir belirleyicisi olarak önemini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, spor ve klinik ortamlarda yaralanma risklerini ve rehabilitasyonu analiz etmek için potansiyel uygulamalar sunmaktadır.
6. Andrei Aksjonov vd., (2018) çalışmalarında, 4 tekerlekten motorlu elektrikli araçlar için rejeneratif kilitlenme önleyici fren sistemi kontrol cihazının tasarımına odaklanmaktadır. Önerilen kontrol yöntemi, bulanık mantık denetleyicisi kullanarak, fren manevraları sırasında elektrikli araç güvenliğini ve enerji ekonomisini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma, farklı yol yüzeyleri için optimum tekerlek kaymasını sağlamayı ve aracın yavaşlaması sırasında maksimum enerji geri kazanımını hedeflemektedir. Simülasyon sonuçları, yöntemin etkinliğini ve farklı yol yüzeylerinde güvenli frenleme sağlama potansiyelini göstermektedir.
7. Mingjing Cai vd., (2020) çalışmalarında, akıllı saatler ve bileklikler için kol salınım hareketini yakalayarak enerji üreten gömülü bir elektromanyetik

jeneratörün tasarımını sunmaktadır. Jeneratör, koaksiyel topolojiye sahip olup, yüksek güç çıkışı ve enerji yoğunluğu sağlamaktadır. Prototip, kompakt boyutları ve yüksek enerji verimliliği ile dikkat çekmektedir. Bu jeneratör, sağlık izleme ve spor antrenmanı gibi uygulamalarda kullanılabilecek sürdürülebilir bir güç kaynağı sunmaktadır.

8. Xiaoqiang Sun vd., (2019) bu çalışma, spor amaçlı taşıtların hız kontrolünü optimize etmek için ileri düzey hibrit kontrol tekniklerinin nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Bu tür kontrol yöntemleri, spor etkinliklerinde kullanılan araçların hız ve dinamik performansını artırarak daha güvenli ve verimli sürüş deneyimleri sağlanabilmektedir. Özellikle yüksek performans gerektiren yarış ve off-road sporlarında, bu tür ileri kontrol sistemleri araçların hem yol tutuşunu hem de hız kontrolünü iyileştirerek sporcuların performansını artırmayı hedeflemektedir.
9. Weichao Zhuang vd., (2016) yaptıkları çalışmada yakıt ekonomisi standartlarını karşılamak için hibrit güç aktarma organı teknolojilerinin spor arazi araçları (SUV) ve hafif kamyonlara (LT) uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır. SUV ve LT'ler için, birden fazla gezegen dişlisi (PG) kullanan çok modlu hibrit güç aktarma organları, gerekli torku sağlarken daha iyi yakıt ekonomisi elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu çalışma sporla ilişkilendirildiğinde, özellikle yüksek performanslı SUV (Sport Utility Vehicle) ve hafif kamyonların hibrit güç aktarma organları kullanarak nasıl daha verimli ve güçlü hale getirilebileceğini göstermektedir. Bu tür gelişmiş hibrit teknolojiler, özellikle spor etkinliklerinde kullanılan araçların performansını ve yakıt verimliliğini artırarak daha çevre dostu ve ekonomik bir çözüm sunmaktadır. Özellikle dayanıklılık yarışları ve off-road sporlarında, bu tür hibrit sistemler araçların hem performansını hem de yakıt ekonomisini iyileştirip, böylece sporcuların daha uzun süre ve daha verimli bir şekilde yarışmalarını sağlamaktadır.
10. Thomas Nemeth vd., (2018) çalışmalarında, modüler elektrikli araç aktarma organlarını değerlendirmek ve optimize etmek için kullanılabilecek esnek bir simülasyon platformu sunmaktadır. Platform, farklı aktarma organı topolojilerini simüle etme ve karşılaştırma yeteneğine sahiptir. Spor alanında, bu simülasyon

platformu, yüksek performansın kritik olduğu durumlarda en uygun bileşenleri seçmede önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Bu makalelerin karşılaştırılması, spor performansını artırma ve spor endüstrisinin sürdürülebilirliğine katkı sağlama potansiyeli taşıyan çeşitli yaklaşımları ortaya koymaktadır. Spor ve elektrikli araç teknolojileri gibi farklı alanlarda yapılan bu çalışmalar, inovasyon ve uygulama açısından önemli katkılar sunmaktadır. Spor alanındaki araştırma makalelerini inceleyerek spor performansı, fiziksel aktivite uygulamaları, elektrikli araç optimizasyonu ve kas iyileşmesi konularına odaklanmaktadır. Makaleler arasındaki ortak nokta, spor performansını artırmaya yönelik yaklaşımların ele alınmasıdır. Bu, spor performansını iyileştirme ve spor endüstrisinin sürdürülebilirliğine katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

5.13. Denge

Tablo 13. “Denge” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Atıf Sayısı
WHITTAKER JL, 2015, OSTEOARTHRITIS CARTILAGE	147	14,70
LEE BG, 2015, TECHNOL HEALTH CARE	38	3,80
LOU C, 2018, SENSORS	18	2,57
BEHAN FP, 2018, J BIOMECH	16	2,29
LAM WK, 2019, J BIOMECH	15	2,50
CHOI A, 2016, J MED BIOL ENG	11	1,22
ALLOUI G, 2021, APPL SCI	10	2,50
ALLOUI G, 2021, APPL SCI-a	10	2,50
BOURELLE S, 2014, BURNS AND TRAUMA	8	0,73
CHANG NJ, 2021, APPL SCI	8	2,00

1. J. L. Whittaker vd., (2015) çalışmalarında, spora bağlı diz yaralanmalarının travma sonrası osteoartrit (PTOA) gelişimi ve yaralanmadan sonraki 3-10 yıl içindeki uzun vadeli sağlık sonuçlarıyla ilişkisini incelemiştir. Diz yaralanması öyküsü olan katılımcılar, KOOS (Diz Yaralanmaları ve Osteoartrit Sonuç Skoru) alt ölçeklerinde daha kötü sonuçlar bildirmiştir, özellikle semptomlar ve yaşam kalitesi alt ölçeklerinde belirgin farklar gözlenmiştir. Bu, PTOA'nın başlangıcıyla uyumlu klinik semptomların varlığını göstermektedir. Yaralı katılımcıların vücut kitle indeksleri (BMI) daha yüksek olup, fazla kilolu veya obez olma olasılıkları yaralanmamış kontrollere göre 3,75 kat fazladır. Aşırı kilo ve obezite, PTOA gelişme riskini artırabilmektedir. Güç, dinamik denge veya aerobik kondisyon ölçümlerinde anlamlı bir fark bulunmamış, ancak yaralanan grupta performansta azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu bulgular, sporla ilişkili diz yaralanması geçiren gençlerin, yaralanmadan sonraki ilk 10 yıl içinde yaralanmamış kontrollere kıyasla daha fazla dizle ilgili semptom yaşadığını, daha düşük fonksiyona sahip olduğunu ve aşırı kilo/obezite riskinin arttığını göstermektedir.
2. Lee, Byeong ve Gyu (2015) yapmış olduğu çalışmada, kinesiyojji bandı kullanılarak yapılan ayak bileği denge bandının (ABT) fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAI) olan genç erkek futbolcuların dinamik dengesi üzerindeki anlık etkilerini incelemiştir. Dokuz genç erkek futbolcu, dominant ayak bileğinde FAI bulunan ve rastgele ABT içermeyen, plasebo-ABT ve gerçek ABT koşullarına tabi tutulmuştur. Bu çalışma, spor ve fizik bilimi çerçevesinden değerlendirildiğinde, özellikle futbol gibi dinamik ve yüksek yaralanma riski taşıyan sporlarda önemli bulgular sunmaktadır. Fonksiyonel ayak bileği instabilitesi (FAI), sporcular arasında yaygın bir sorundur ve bu durum, performans kaybına ve yaralanma riskinin artmasına yol açmaktadır. Araştırmanın bulguları, kinesiyojji bandıyla desteklenen ayak bileği denge bandının (ABT), FAI'li sporcuların dinamik dengesini önemli ölçüde iyileştirebileceğini göstermektedir.
3. Cunguang Lou vd., (2018) çalışmalarında, giyilebilir basınç tabanlıkları ve Kinect sensörünü birleştirerek, dinamik dengeyi değerlendiren yeni bir sistem sunmaktadır. Sistem, bireylerin denge yeteneklerini doğru ve niceliksel olarak

değerlendirmeyi hedeflemektedir. Katılımcılar, basınçlı iç tabanlıkları giyerek ve Kinect sensörüyle etkileşime geçerek sanal bir "elma toplama" oyununda yer almaktadır. Kinect sensörü vücut duruşlarını izlerken, basınç tabanlıkları taban basıncı verilerini toplamaktadır. Plantar basıncın merkezi (COP) hesaplanarak dinamik denge göstergesi olarak kullanılmaktadır. 12 sağlıklı katılımcı üzerinde yapılan deneylerde, COP dağılımında önemli farklılıklar gözlenmiş, bu da denge yeteneklerinin farklı düzeylerde olduğunu göstermiştir. Sanal gerçeklik oyunu sonuçları ile geleneksel otur-kalk (STS) testi arasında pozitif korelasyon bulunmuş, böylece sistemin geçerliliği ve güvenilirliği doğrulanmıştır. Sağ bacak spor yaralanması olan dört katılımcıda, anormal taraftaki denge, normal tarafa ve sağlıklı katılımcılara göre önemli ölçüde daha zayıf bulunmuştur. Bu sistem, spor yaralanmalarıyla ilgili denge bozukluklarını değerlendirmede etkili olduğunu göstermektedir. Giyilebilir ve kablosuz basınçlı tabanlıkların kullanımı, doğal ve engelsiz hareketlere olanak tanıyarak dinamik dengenin kapsamlı bir değerlendirmesini sağlamaktadır.

4. Fearghal P. Behan vd., (2018) Patlayıcı tork ile denge tepkisi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarında plantar fleksörler (PF) ve diz ekstansörlerinin (KE) patlayıcı torku ile beklenmedik platform bozulmalarına karşı vücut kütle merkezinin (COM) tepkisi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Plantar fleksör, ayak bileğini aşağıya doğru bükme hareketini (plantar fleksiyon) sağlayan kas grubuna, diz ekstansörleri, diz eklemine düzleştiren (ekstansiyon) kas grubuna verilen isimdir. Araştırmacılar, PF'nin KE'ye kıyasla daha büyük öneminin, postüral tepkinin ayak bileklerinden başlayarak distalden proksimale doğru kas aktivasyon modeliyle açıklanabileceğini öne sürmektedir. Özellikle plantar fleksörlerde patlayıcı kas torku geliştirmenin, bireylerin beklenmedik denge bozukluklarına tepki verme yeteneğini artırabileceğini ve dinamik, öngörülemeyen durumlarda meydana gelen sporla ilgili yaralanma riskini azaltmada önemli etkileri olabileceğini göstermektedir. Bu, spor bilimleri ve fiziksel performans açısından önemli bir öngörü sağlamakta ve gelecekteki araştırmaların bu bulguları daha spora özgü senaryolarda doğrulaması gerektiğini işaret etmektedir.

5. Wing-Kai Lam vd., (2019) çalışmalarında ayak ortezlerinin dinamik denge ve basketbol atış doğruluğu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Ortez, vücudun belirli bir bölümünü desteklemek, hizalamak, stabilize etmek veya hareketsizleştirmek amacıyla kullanılan tıbbi cihazlara verilen genel bir isimdir. Ortezler, genellikle yaralanma, deformite, zayıflık veya hareket kısıtlılığı gibi durumlarda kullanılmaktadır. Sporcularda ağrıyı hafifletmek ve spor performansını artırmak amacıyla ayak ortozlarının kullanımı yaygındır, ancak bu ortozların basketbol performansına etkileri hakkında pek az şey bilinmektedir. Serbest atış basketbolda çok önemlidir, ancak yorgunluk postüral dengeyi bozabilir ve bu da serbest atış performansını azaltabilmektedir.. Bu çalışma, ayak ortozlarının dinamik denge ve fiziksel yorgunluk öncesi ve sonrası serbest atış performansı üzerindeki etkilerini araştırmıştır.
6. Ahnryul Choi vd., (2016) golfçülerin beceri düzeyinin dinamik denge kontrolü üzerindeki etkileri çalışmalarında, golfçülerin beceri düzeylerinin golf vuruşu sırasında dinamik denge kontrolü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Elli katılımcı, handicap puanlarına göre profesyonel, ileri düzey amatör ve acemi golfçüler olarak üç gruba ayrılmıştır. Kütle merkezi (COM) ve basınç merkezi (COP) ölçümleri, kinematik ve kinetik verilerle toplanmıştır. Sonuçlar, profesyonel golfçülerin amatörlere göre daha düşük COM ve COP hızı sergilediğini, ancak ileri düzey amatörlere kıyasla ön/arka yönde daha fazla COM yer değiştirmesi gösterdiğini ortaya koymuştur. Profesyonel golfçüler, artan COM deplasmanını COP sapmasını uygun şekilde yöneterek telafi etmiş ve bu daha sabit bir salınım mekanizması sağlamıştır. Araştırmacılar, bu durumun dinamik golf vuruşu sırasında optimize edilmiş ağırlık transferiyle ilgili olduğunu öne sürmektedir. Bu bulgular, farklı beceri seviyelerindeki golfçülerin denge mekanizmalarının kapsamlı bir değerlendirmesini sunarak, denge kontrolünü geliştirmeye yönelik eğitim programlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Profesyonel golfçüler, amatör golfçülere kıyasla daha iyi denge kontrolüne sahiptir. Bu, COM ve COP parametreleri ile doğrulanmıştır.
7. Ghaith Aloui (2021) 8 haftalık yüklü pliometrik kısa sprint ve yön değiştirme antrenmanının elit futbolculardaki etkilerini araştıran çalışmada deney grubu (n=17) ve kontrol grubu (n=17) ile gerçekleştirilen çalışmada, her iki grup

antrenman öncesi ve sonrası dikey ve yatay sıçrama, sprint süreleri, yön değiştirme yeteneği, tekrarlanan yön değiştirme yeteneği ve dinamik denge gibi atletik performans ölçümleriyle test edilmiştir. Sonuçlar, deney grubunun atletik performansın çeşitli alanlarında kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha iyi sonuçlar elde ettiğini göstermiştir. Özellikle, yön değiştirme yeteneğinde deney grubu dört kat daha fazla gelişme göstermiştir. Bu bulgular, elit ergen futbolcularda ağırlıklı pliometrik, kısa sprint ve yön değiştirme antrenmanlarının atletik performansı artırabileceğini ve bu tür antrenmanların futbol antrenman programlarına entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışma, futbol performansı için kritik olan temel fiziksel niteliklerin geliştirilmesine yönelik etkili antrenman stratejileri hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu antrenman programı, denge ve atletik performans ölçümlerinde önemli gelişmelere yol açmıştır.

8. Ghaith Aloui vd., (2021) çalışmalarında, elit genç futbolcuların standart antrenman programlarına 8 haftalık pliometrik ve yön değiştirmeli kısa sprint (PSSCoD) antrenmanının eklenmesinin etkilerini incelemiştir. Eğitim grubundaki sporcular, normal antrenmanlarına ek olarak PSSCoD eğitimi alırken, kontrol grubu standart antrenmanlarına devam etmiştir. Sonuçlar, PSSCoD antrenmanının, dikey sıçrama yüksekliği, yatay atlama mesafesi, sprint süreleri, yön değiştirme yeteneği, tekrarlanan sprint performansı ve denge gibi çeşitli performans ölçümlerinde anlamlı gelişmeler sağladığını göstermiştir. Antrenörlerin, genç futbolcuların fiziksel gelişimini artırmak için bu tür tamamlayıcı antrenmanları dikkate alması önerilmektedir.
9. Sophie Bourelle vd., (2014) Bu çalışma, spor ve fizik bilimi açısından önemli bulgular sunmaktadır. Çocukların postüral kontrol yetenekleri sabah ve öğleden sonra olmak üzere iki farklı zaman diliminde değerlendirilmiş ve statik postüral kontrolün bu zaman dilimleri arasında önemli bir farklılık göstermediği bulunmuştur. Bu durum, çocukların denge yeteneklerinin okul günü boyunca istikrarlı kaldığını göstermektedir. Dinamik postüral kontrolün de gün boyunca stabil kalması, çocukların hareket kabiliyetlerinin ve denge yeteneklerinin gelişiminde önemli bir faktördür. Stabilitate sınırları ve ritmik ağırlık aktarma testleri ile elde edilen sonuçlar, çocukların hareket hızı, doğruluk ve yön

kontrolü açısından sabah ve öğleden sonra arasında bir fark göstermediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, öğleden sonra çocukların sol bacaklarına daha fazla ağırlık verme eğiliminde oldukları gözlemlenmiştir; bu durum, günlük aktiviteler sırasında bacak hakimiyetinin değişebileceğini ve potansiyel olarak sol bacak hakimiyetinin arttığını göstermektedir. Spor biliminde, yön kontrolü ve denge, özellikle takım sporları ve hızlı hareket gerektiren aktivitelerde kritik öneme sahiptir. Bu bulgular, çocukların fiziksel gelişimlerini desteklemek ve spor performanslarını artırmak için antrenman programlarının ve değerlendirmelerin nasıl yapılandırılabilceği konusunda önemli ipuçları sunmaktadır.

10. Nai-Jen Chang vd., (2021) elastik bandının uyluk esnekliği, diz eklemi propriosepsiyonu, kas gücü ve dinamik denge üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmada, tek seans elastik bandı (FB) müdahalesinin genç erkeklerde araştırmıştır. Katılımcılar, dominant diz eklemine FB veya elastik bandaj (EB) müdahalesi almak üzere rastgele atandı. FB müdahalesi sonrasında hamstring ve kuadriseps esnekliğinde önemli iyileşmeler gözlemlenmiş, diz ekstansiyonu ve fleksiyon hareket açıklığı açısından FB'nin EB müdahalesine kıyasla daha fazla gelişme sağladığı bulunmuştur. Dinamik denge, YBT kompozit puanı ile ölçüldüğünde, FB müdahalesi sonrası orta ila büyük etki büyüklükleriyle iyileşmiştir. FB müdahalesi, diz eklemi propriosepsiyonunu olumsuz etkilememiştir. Sonuçlar, FB'nin sporcular için alt ekstremite esnekliğini, gücünü ve dengesini artırmak amacıyla etkili bir ısınma aracı olabileceğini önermektedir. Floss bandı, esneklik ve dengeyi artırırken, propriyoseptif fonksiyonu olumsuz etkilememektedir.

Bu makaleler, spor alanında dinamik denge kontrolünün çeşitli yönlerini ve bu kontrolü geliştirmeye yönelik stratejileri ortaya koymaktadır. Spor hekimliği, rehabilitasyon ve performans geliştirme bağlamlarında pratik uygulamalara yönelik önemli bilgiler sunmaktadır. Örneğin, dinamik denge kontrolünün biyomekanik temelleri, spor yaralanmalarının önlenmesi ve rehabilitasyonu açısından kritik öneme sahiptir. Aynı şekilde, belirli spor dallarına yönelik müdahaleler, sporcuların performansını optimize etmek için kullanılmaktadır.

5.14.Enerji

Tablo 14. “Enerji” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Atıf
ZHU M, 2019, ACS NANO	396	66,00
ZHANG Z, 2020, ADV MATER	302	60,40
YANG W, 2014, ADV FUNCT MATER	258	23,45
KIM H, 2016, IEEE TRANS MICROWAVE THEORY TECH	190	21,11
ZHANG J, 2023, COMPOS PART B: ENG	157	78,50
BLOCKEN B, 2018, J WIND ENG IND AERODYN	124	17,71
GUAN H, 2019, NANO ENERGY	113	18,83
YANG P, 2022, ACS NANO	104	34,67
BABARIT A, 2018, INT J HYDROGEN ENERGY	100	14,29
WANG K, 2019, APPL ENERGY	100	16,67

1. Minglu Zhu vd., (2019) çalışmalarında, enerji toplamak ve çeşitli fizyolojik sinyalleri izlemek için tasarlanmış PEDOT:PSS kaplı kumaş triboelektrik nanogeneratörü (TENG) ve PZT piezoelektrik çipleri içeren kendi kendine çalışan bir pamuklu çorap geliştirilmesini açıklamaktadır. PEDOT:PSS kaplı kumaş, polietilen dioksitiyofen (PEDOT) ve polistiren sülfonat (PSS) adlı iki polimerin bir arada kullanıldığı, bu polimerlerin kumaş yüzeyine kaplandığı bir malzemeyi ifade etmektedir. Bu iki polimerin kombinasyonu, kumaşların elektriksel iletkenliğini artırarak, çeşitli elektronik ve akıllı tekstil uygulamalarında kullanılmasını sağlamaktadır. PEDOT:PSS kaplı kumaşlar, esnek elektronikler, giyilebilir cihazlar, sensörler ve diğer akıllı tekstil ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. S2 çorap, sağlık hizmetleri ve spor uygulamaları için ter seviyesini, temas kuvvetini ve yürüyüş düzenlerini izleyebilmektedir. Bu teknoloji, giyilebilir cihazlar ve spor uygulamaları için önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedir.
2. Zhijun Zhang vd., (2020) çalışmalarında, toplanma kaynaklı emisyon (AIE) floroforuna dayanan çok yönlü bir fototeranotik ajanın geliştirilmesini ele almaktadır. Geliştirilen TSSI bileşiği, fototeranotik uygulamalar için avantajlı özelliklere sahiptir ve yaralanma teşhisi ve tedavisi gibi spor uygulamalarında kullanılmaktadır.

3. Weiqing Yang vd., (2014) çalışmalarında, spor ortamlarında titreşim enerjisini toplamak için üç boyutlu (3D) yığılmış entegre bir triboelektrik nanogeneratör (TENG) geliştirilmesini tartışıyor. 3D-TENG, yüksek güç yoğunluğu ve geniş çalışma bant genişliği ile spor aktiviteleri sırasında kinetik enerji toplamak için uygundur. Ayrıca, büyük ölçekli enerji üretimi potansiyeline de sahip olduğu belirtilmektedir. Tek katmanlı triboelektrik nanogeneratörlerin (TENG) düşük çıkış akımı, uygulamalarını sınırlayabilir ve olası bir çözüm, üç boyutlu (3D) entegre çok katmanlı TENG'ler kullanmaktır. Ek olarak, belirli boyutsal tasarım ile 3 inç çapında bir topun içine başarıyla yerleştirilen 3D-TENG, el sallama yoluyla 32 ticari LED'i aynı anda aydınlatarak, insanların basketbol, futbol, beyzbol oynarken harcadıkları bol ama boşa giden kinetik enerjiyi toplama potansiyelini göstermektedir.
4. Hongseok Kim vd., (2016) yaptıkları çalışmada yüksek verimlilik ve düşük manyetik alan sızıntısı için yeni bir dizi bobin tasarım formülü ve tasarım prosedürü sunarak yüksek güçlü bir otomotiv kablosuz güç aktarım (WPT) sistemini araştırmaktadır. Önerilen tasarım metodolojisi, golf arabaları ve diğer elektrikli spor/eğlence araçları için kablosuz güç aktarım sistemlerini optimize etmek için kullanılabilir. Sonuçlar, %95'in üzerinde güç aktarım verimliliği ve güvenlik kurallarına uygun manyetik alan seviyelerini göstermektedir.
5. Jin Zhang vd., (2023) çalışmalarında, karbon fiber kompozit malzemelerin ve uygulamalarının geçmişi, mevcut küresel gelişimi ve gelecekteki eğilimleri hakkında kapsamlı bir inceleme sunmaktadır. Karbon fiberlerin ve karbon fiber kompozitlerin tarihi, dört temsili dönemde tartışılmaktadır: bunların erken gelişimi, endüstriyel büyüme, havacılıkta büyük benimsenme ve genişletilmiş endüstriyel kullanım. Karbon fiber, spor ekipmanlarında (golf, bisiklet, tenis) yaygın olarak kullanılmakta ve pandemi sürecinde bireysel spor ekipmanlarına talep artışı görülmüştür. Makale ayrıca, maliyetlerin düşürülmesi ve sürdürülebilirliğin artırılması için yeni malzemeler ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır.
6. Bert Blocken vd., (2018) araştırmalarında, bisiklet pelotonunda bisikletçilerin yaşadığı aerodinamik sürüklenmeyi incelemektedir. Büyük ve sıkı paketlenmiş

bir pelotonun ortasında vdasında yer alan bisikletçilerin, izole bir bisikletçiye kıyasla %5-10 sürüklenme yaşadığı gösterilmiştir. Bu bulgular, bisiklet stratejilerini geliştirmek ve bisiklet dinamiği modellerini doğrulamak için kullanılabilir.

7. Hongye Guan vd., (2019) çalışmalarında, ter buharlaşma-biyosensör etkileşimi temel alınarak spor büyük verilerini oluşturmak amacıyla kendi kendine enerji sağlayan yenilikçi bir giyilebilir ter-laktat analizörü geliştirilmiştir. Analizördeki kendi kendine enerji sağlayan biyosensör, laktat oksidaz ile modifiye edilmiş gözenekli karbon filminden üretilmiştir. Hidrofilik karbon, teri emebilmekte ve doğal ter buharlaşması yoluyla çevresel termal enerjiyi hasat ederek elektrik üretebilmektedir. Esnek bir substrat üzerinde, biyosensör kablosuz verici ve kapasitör ile entegre edilerek kendi kendine enerji sağlayan giyilebilir bir ter-laktat analizörü oluşturulabilmektedir. Bu analizör, sporcunun cildindeki ter-laktat konsantrasyonunu algılayabilmekte, egzersiz fizyolojik bilgilerini kablosuz olarak terminale iletebilmekte ve spor büyük verilerini oluşturabilmektedir. Bu çalışma, kendi kendine enerji sağlayan giyilebilir egzersiz-analiz sistemlerini gerçekleştirmek için yeni bir araştırma yönü ortaya koymakta ve spor büyük verilerinin gelişimini teşvik edebilmektedir.
8. Peng Yang vd., (2022) çalışmalarında
9. Aurelien Babarit vd., (2018) makalelerinde, uzak denizlerde hidrojen üreten rüzgâr enerjisi dönüştürücülerinin tekno-ekonomik fizibilitesini araştırmaktadır. Rüzgâr enerjisiyle hidrojen üretimi, taşınması ve dağıtımı için çeşitli senaryolar analiz edilmiştir. Sonuçlar, uzak deniz rüzgâr enerjisinin küresel enerji arzına önemli katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Ayrıca hidrojen üretimi ve yenilenebilir enerji teknolojileri, spor tesislerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilir. Örneğin, spor stadyumları ve antrenman tesisleri, kendi enerjilerini temiz ve sürdürülebilir kaynaklardan sağlayarak karbon ayak izlerini azaltabilmektedir. Çalışmada bahsedilen açık deniz rüzgâr enerjisi teknolojileri, deniz sporları ile ilgili teknolojik gelişmeleri de etkileyebilmektedir. Yelken, sörf ve diğer deniz sporları, rüzgârın gücünü kullanarak yapılan sporlardır ve rüzgâr enerjisi teknolojilerindeki ilerlemeler, bu sporların daha güvenli ve etkili bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır

10. Kai Wang vd(2019) makalelerinde, spor merkezlerine kombine ısı ve güç (CHP) sağlanması için hibrit fotovoltaiik-termal (PVT) ve geleneksel güneş enerjisi sistemlerinin analizini sunmaktadır. PVT S-CHP sistemi, diğer sistemlere kıyasla en yüksek performansı gösterirken, yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle ekonomik performansı rekabetçidir. PVT sistemleri, spor merkezlerinin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için güçlü bir potansiyele sahiptir.

Araştırma makaleleri spor alanına çok yönlü katkılar sağlamakta olup, teknolojik yeniliklerin spor bilimleri, spor ekipmanları, antrenman yöntemleri ve sporla ilgili büyük veri analizleri gibi alanlarda önemli ilerlemeler kaydettiği görülmektedir. Makaleler, sporun bilimsel ve teknik yönlerini geliştirmek için çeşitli yöntemler ve uygulamalar sunmaktadır.

5.15. Kuvvet

Tablo 15. “Kuvvet” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
ZHU M, 2019, ACS NANO	396	66,00
TIAN G, 2019, NANO ENERGY	229	38,17
WU Z, 2019, ADV ENERGY MATER	106	17,67
STETTER BJ, 2019, SENSORS	83	13,83
LLORCA C, 2017, SAF SCI	75	9,38
CROUCH TN, 2017, SPORTS ENG	75	9,38
TABORRI J, 2020, APPL BIONICS BIOMECH	73	14,60
ROWSON B, 2015, ANN BIOMED ENG	71	7,10
SKALS S, 2017, MULTIBODY SYST DYN	68	8,50
JOHNSON WR, 2021, IEEE TRANS BIOMED ENG	62	15,50

1. 1.Zhu M, vd., (2019) çalışmalarında piezoelektrik ve triboelektrik mekanizmaların birleşimini kullanarak sağlık ve spor izleme amacıyla tasarlanmış, kendinden güç alan ve işlevsel bir pamuk çorabı üzerinde odaklanmaktadır. Araştırma, bu akıllı çorapların vücut hakkında doğrudan duyuşal bilgiler sağlayarak giyilebilir teknoloji alanında devrim yaratma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamaktadır. Çalışma, çok işlevli tekstil

geliştirme zorluklarını ele alarak, bu akıllı çorapların sağlık ve spor izleme uygulamalarındaki potansiyelini keşfetmektedir. Bu yenilikçi yaklaşım, giyilebilir teknolojilerin geleceği için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

2. Guo Tian vd., (2019) çalışmalarında masa tenisi antrenmanında top ve raket arasındaki etkileşimin gerçek zamanlı izlenmesi, bireysel antrenman rehberliği için son derece önemli bilgiler sağlayabilmektedir. Ancak mevcut görsel izleme sistemleri, spesifik etkileşim kuvvetini ve doğru vurma noktasını yansıtmakta zorluk yaşamaktadır. Bu çalışmada, masa tenisi antrenmanını ve ölçeklenebilir sporları gerçek zamanlı izlemek için kendinden güç alan, zengin lamellar kristal baklava yapısına sahip PZT/PVDF piezoelektrik sensör tasarlanmıştır. Bu benzersiz baklava yapısındaki piezokompozit, çözücü olmayan faz ayrımı ve sıcak presleme işlemi ile kolayca üretilabilmektedir. Geliştirilen sensör, 6.38 mV/N gibi yüksek bir hassasiyet ve 21 ms gibi ultra hızlı bir tepki süresi sergilemektedir. Bu temele dayanarak, 6×6 birimle donatılmış akıllı bir masa tenisi raketi yapılmış ve bu raket, vurma yerini ve temas kuvvetini gerçek zamanlı olarak ölçebilmekte, böylece sporcuların antrenmanları için değerlendirme ve bireysel rehberlik sağlayabilmektedir. Bu çalışma, masa tenisi antrenmanında etki yeri ve kuvvetin gerçek zamanlı izlenmesi için mevcut görsel algılama sisteminin ötesinde yeni bir yol açmakta ve akıllı sporlar için yapay zeka elektroniği alanında yeni bir perspektif sunmaktadır.
3. Zhiyi Wu vd., (2019) çalışmalarında triboelectric nanogeneratörler, esneklik, hafiflik ve kolay entegrasyon gibi birçok istenen avantaja sahip olmaları nedeniyle sensör tasarımı için benzersizdir. Bu çalışmada, triboelectric nanogeneratör (TENG) temel alınarak, ivmeyi, kuvveti ve döngüsel parametreleri tespit etme kapasitesine sahip silindirik, kendinden güç alan çok fonksiyonlu bir sensör (MS) önerilmektedir. MS, bir hareketi salınım hareketine veya düşük sönümlü bir manyetik silindirin sürtünme katmanı etrafında çoklu döngüsel bir hareketine dönüştürerek TENG'in voltaj çıkışı üretmesini sağlamaktadır. TENG'in çıkış performansını artırmak için, düşük iş fonksiyonu, düşük direnç ve uygun yüzey topografisine sahip bir elektrot malzemesi en iyi seçimdir. Dönüşümlü-manyetik mekanizmanın yapısal özelliklerine göre, MS

zayıf bir darbe ile kolayca tepki verebilir ve eksenel kurulum gerektirmeden döngüsel parametreleri ölçmek için kullanılabilir. MS temelinde, bir boksörün yumruk ivmesini, golf sopasının vurma kuvvetini ve salınım açısını ölçme gibi bazı uygulamalar geliştirilmiştir. Bu uygulamalar, MS'nin uygulanabilirliğini ve verimliliğini göstermekte ve MS'nin spor alanında kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

4. Bernd J. Stetter vd., (2019) çalışmalarında spor hareketleri sırasında eklem kuvvetlerini tahmin etmek için giyilebilir sensörler ve makine öğrenimi kullanımının fizibilitesini ve potansiyel uygulamalarını göstermektedir. Bu çalışma, giyilebilir sensörler ve makine öğrenimi kullanılarak spor hareketleri sırasında diz eklemi kuvvetlerinin (KJF) tahmin edilmesine odaklandı. Araştırmacılar, katılımcıların sağ bacağına bağlı iki eylemsiz ölçüm biriminden (IMU) elde edilen verilere dayanarak KJF'yi tahmin etmek için bir yapay sinir ağı (YSA) geliştirdiler. Çalışmaya doğrusal hareketler, yön değişiklikleri ve sıçramalar dâhil çeşitli spora özgü hareketler gerçekleştiren 13 sağlıklı erkek spor öğrencisi katıldı. Ancak medial-lateral kuvvet bileşeni için tahmin doğruluğu daha düşüktü. Genel olarak bu çalışma, spor hareketleri sırasında KJF'yi tahmin etmek için giyilebilir sensörler ve makine öğrenimi kullanmanın fizibilitesini göstermektedir. Bulgular, bu yaklaşımın, yaralanmaların önlenmesi ve antrenman yüklerinin izlenmesi açısından önemli uygulamalara sahip olan diz eklemi yükünün sahada değerlendirilmesi için yararlı olabileceğini göstermektedir.
5. Carlos Llorca vd., (2017) çalışmalarında İspanya'daki kırsal yollarda bisiklet trafiği, spor ve eğlence amaçlı faaliyetlerle arttığını incelemiştir. Motorlu araçların bisikletçilere göre daha yüksek hız, ağırlık ve hacmi, bisikletleri geçerken güvenlik risklerini artırmaktadır. Araştırma, motorlu araçların bisikletlere olan yan mesafesinin yanı sıra, araç hızı ve türünün de bisikletçilerin algıladığı risk üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Fiziksel olarak, geçiş sırasında aerodinamik kuvvetler, bisiklet ve motorlu araçlar arasındaki etkileşimi etkileyerek sürüş güvenliğini belirlemektedir. Sonuçlar, özellikle ağır araçların bisikletçiler üzerindeki etkisinin güçlü olduğunu ve geçişe izin verilen düz kesimlerde yan mesafe ve hızın birleşik etkisinin daha belirgin olduğunu

ortaya koymaktadır. Bu durum, bisiklet sporcularının güvenliğini artırmak için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür.

6. Timothy N. Crouch vd., (2017) çalışmalarında yarış koşullarında bisikletçilerin etrafındaki akışları anlamak için kritik olan aerodinamik unsurları ve elit düzeyde aerodinamik performansı değerlendirme ve iyileştirme yöntemlerini incelemektedir. Çalışmada, bluff body aerodinamiğinin temel akış fiziği ve aerodinamik kuvvetlerin bisikletçilere nasıl etki ettiği açıklanmaktadır. Ayrıca, bisiklet aerodinamik performansını araştırmak için kullanılan deneysel ve sayısal teknikler ile elit düzeyde aerodinamik tasarruf önlemlerinin uygulanmasındaki kısıtlamalar da ele alınmaktadır. İnceleme, bisiklet akış alanlarının karmaşık ve çok yönlü olduğunu, bunun nedeninin insan formunun üç boyutlu ve değişken geometrisi, değişken yarış ortamı akış alanı ve tüm bisiklet akışlarına özgü doğrusal olmayan etkileşimler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu alandaki mevcut bulgular, elit bisiklet sporunu geliştirmeye devam etmekte ve bisiklet performansında daha fazla kazanımlar elde etmek için potansiyel olarak verimli araştırma alanları sunmaktadır. Bu durum, fizik biliminin spor üzerindeki etkisini ve aerodinamiğin spor performansını nasıl şekillendirdiğini göstermektedir.
7. Juri Taborri vd., (2019) çalışmalarında son yıllarda, insan hareketini değerlendiren giyilebilir sensörlerin kullanımı yaygınlaştığına vurgu yapmaktadır. Bu sensörler, sporcuların performansını değerlendirmek ve yaralanmaları önlemek için de geliştirilmiştir. Atalet sensörleri, kuvvet sensörleri ve elektromiyografi, spor biyomekaniği için en uygun giyilebilir sensörler olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu sensörlerin spor uygulamaları için uygunluğunu doğrulamıştır. Literatür incelemesi, en yaygın kullanılan sensörlerin atalet sensörleri olduğunu göstermektedir; ancak, kuvvet sensörleri ve elektromiyografi de kullanılmaktadır. En çok incelenen spor dalı koşu olmasına rağmen, çeşitli sporlar da değerlendirilmiştir.
8. Bethany Rowson vd., (2015) çalışmalarında spor sırasında beyin yaralanma riskini azaltmak için kaskların koruyucu yeteneklerini optimize etmektir. Çalışma, bir hokey kaskı değerlendirme metodolojisinin deneysel ve analitik gelişimini sunmaktadır. Summation of Tests for the Analysis of Risk (STAR)

formülü, bir hokey oyuncusunun bir sezon boyunca karşılaşılabileceği 227 kafa darbesi için kafa darbesi maruziyetini ve beyin yaralanma olasılığını birleştirir. Bu darbe maruziyet verileri, laboratuvar test parametrelerine 12 darbe koşulu kullanılarak haritalanmıştır; bu koşullar üç enerji seviyesi ve dört kafa darbe konumunu (merkezi ve merkezi olmayan kuvvet yönleri dahil) içerir. Yaralanma riski, hem lineer hem de döner kafa hızlanma ölçümlerini içeren çok değişkenli bir yaralanma riski fonksiyonu kullanılarak belirlenir. Tüm test parametreleri ve örnek kask test verileri sunulmuştur. Hokey STAR metodolojisi, üreticilerin hokey kaskı tasarımını yaralanma riskini azaltacak şekilde optimize etmeleri için bilimsel bir çerçeve sunmakta ve tüketicilere hokey kasklarının göreceli performansını değerlendirmek için anlamlı bir metrik sağlamaktadır.

9. Sebastian Skals vd., (2017) çalışmalarında, kas-iskelet sistemi modellerinin ters dinamik analizinde, yer reaksiyon kuvvetleri ve momentlerini tahmin ederek dinamik tutarsızlıkları azaltmak ve kuvvet platformu ölçümlerine gerek kalmadan sporla ilgili hareketlerin analizini yapmaktır. Yer reaksiyon kuvvetleri ve momentlerinin tahmin edilmesi ile kuvvet platformu ölçümlerine ihtiyaç kalmamaktadır. Bu yöntem, sporla ilgili hareketlerde uygulanmış ve on sağlıklı denek üzerinde doğrulanmıştır. Tahmin edilen değerler, geleneksel yöntemle elde edilen verilerle karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu yöntem, kuvvet platformu ölçümleri yerine kullanılabilir ve spor bilimi araştırmalarında hareket analizi sistemleri ile tam analiz yapılmasına olanak tanımaktadır.
10. William R. Johnson vd., (2021) çalışmalarında sporcuların iç yükleme maruziyetini izlemek ve ani diz yaralanmalarını önlemek amacıyla özel bir erken uyarı tespit sistemi geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu sistem, spor manevraları sırasında iskelet kası eklem yüklerini doğru, güvenilir ve geçerli bir şekilde tahmin edebilmelidir. Çalışmada, yerleşik kuvvet platformları yerine giyilebilir sensör ivmeölçerlerden elde edilen kinematik verilerin, son zamanlarda geliştirilen denetimli öğrenme teknikleri kullanılarak, gerçek zamanlı çok boyutlu yerçekimi kuvvetleri ve momentlerini tahmin etmek için nasıl kullanılabileceği gösterilmektedir. Çalışma, laboratuvar ortamında elde edilen verilerle eğitilen derin öğrenme modellerinin, bağımsız veri toplama

oturumlarında kaydedilen ivme verileri ile tahminler yaparak, sporcuların yükleme göstergelerini izlemeye yönelik potansiyelini ortaya koymaktadır.

5.16. Biyomekanik

Tablo 16. “Biyomekanik” ve “Spor” ilişkisine yönelik yazarlar, yayınları ve atıf oranları

Makale	Toplam Atıf	Yıl Başına Toplam Atıf
LU N, 2019, IEEE J BIOMEDICAL HEALTH INFORMAT	243	40,50
HERNANDEZ F, 2015, ANN BIOMED ENG	157	15,70
SIEGMUND GP, 2016, ANN BIOMED ENG	116	12,89
DENG C, 2018, ADV FUNCT MATER	109	15,57
REENALDA J, 2016, J BIOMECH	102	11,33
STETTER BJ, 2019, SENSORS	83	13,83
BLAIR S, 2018, J BIOMECH	75	10,71
GAO S, 2021, ADV SCI	74	18,50
TABORRI J, 2020, APPL BIONICS BIOMECH	73	14,60
ROWSON B, 2015, ANN BIOMED ENG	71	7,10

1. Na Lu vd., (2019) makalelerinde, düşmeleri tespit etmek için üç boyutlu evrişimli sinir ağı (3D CNN) ile uzun kısa süreli bellek (LSTM) ağı kombinasyonunu kullanmaktadır. Spor alanında özellikle yaşlı nüfus için önemli bir halk sağlığı sorununa çözüm getirmektedir. Yazarlar, simüle edilmiş düşme verilerini kullanarak 3D CNN'yi eğitmiş ve görsel bir dikkat mekanizması ekleyerek doğruluğu artırmıştır. Spor veri setlerinde yapılan testlerde %100 doğruluk elde edilmiştir.
1. 2.Fidel Hernandez vd., (2014) çalışmalarında, kafa rotasyonunun doğrudan ölçümünün hafif travmatik beyin hasarının (mTBI) tahminini iyileştirip iyileştirmediğini araştırmıştır. Amerikan futbolu, boks ve karma dövüş sanatlarında kafa darbelerini ölçmek için altı serbestlik dereceli (6DOF) aletli ağız koruyucular kullanılmaktadır. Sonuçlar, 6DOF kriterlerinin, özellikle de baş rotasyon ölçümlerini içerenlerin, yaralanmayı daha iyi tahmin ettiğini göstermektedir. Bu, sporla ilişkili kafa travması alanında yaralanma tahminini iyileştirmeye yönelik önemli çıkarımlar sunmaktadır.

2. Gunter P. Siegmund vd(2016) Futbolcularda Kafa Darbesinin Ciddiyetinin Ölçülmesi Bu makale, futbolcularda kafa darbesinin ciddiyetini ölçmek için iki giyilebilir sensör sisteminin doğrulanmasına odaklanmaktadır. Çalışma, bu sensörlerin darbelerin yönü ve büyüklüğüne ilişkin verilerin dikkatli bir şekilde yorumlanması gerektiğini vurgulamaktadır.
3. Chaoran Deng vd., (2018) çalışmalarında basınç sinyallerini almak için piezoelektrik nanogeneratörler kullanan ve sinyalleri işleyip kablosuz olarak bir mobil cihaza gönderen özelleştirilmiş bir veri toplama (DAQ) devre kartına sahip, geniş basınç algılama aralığına sahip kolay bir plantar basınç haritalama sistemi geliştirilmiştir. Android üzerinde geliştirilen bir uygulama ile çalışan bu sistem, yürüme sırasında gerçek zamanlı basınç dağılımını doğru bir şekilde izleyip görsel olarak gösterebilmektedir. Daha da önemlisi, hibrit triboelektrik-elektromanyetik nanogeneratör ile birleştirilerek kendi kendine enerji sağlayan, sürekli ve gerçek zamanlı basınç dağılımı izleme sistemi geliştirilmiş olup, spor/egzersiz biyomekaniği bilgisi edinme, yaralanma önleme ve ayaklardaki ülser tahmini için uygulanabilir bir çözüm sunmaktadır.
4. Jasper Reenalda vd., (2016) Maraton Boyunca 3D Koşu Mekanizmasının Analizi Çalışma, bir maraton boyunca 3D koşu mekanizmasını sürekli olarak analiz etmek için atalet manyetik ölçüm birimlerini kullanır. Maratonun ilk ve son aşamaları arasında koşu mekanizmasında önemli değişiklikler tespit edilmiştir. Bu, yaralanmaların önlenmesi ve performansın artırılması açısından değerli bilgiler sağlar.
5. Bernd J. Stetter vd., (2019) çalışmalarında, giyilebilir sensörler ve makine öğrenimi kullanarak diz eklemi kuvvetleri (KJF) hakkında bilgi sunmaktadır. Atalet ölçüm birimleri (IMU'lar) tarafından elde edilen verilere dayanarak yapay sinir ağı (YSA) kullanılarak KJF tahmin edilmektedir. Bu, sporda yaralanma önleme stratejileri ve saha içi teşhis açısından önemli çıkarımlar sunmaktadır.
6. Stephanie Blair vd., (2018) Avustralya Futbolu, Futbol ve Ragbi Kurallarındaki Tekme Biyomekaniği Araştırma makalesi, tekme biyomekaniğini ölçmek için eylemsiz ölçüm sistemini (IMS) doğrulamaktadır. IMS, spora özgü ortamlarda yüksek hızlı hareketlerin biyomekaniğini ölçmek için etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

7. Shan Gao vd., (2021) çalışmalarında alt ekstremite hareket izleme, rehabilitasyon ve spor eğitimi gibi çeşitli alanlarda oldukça istenmektedir. Bu çalışmada, 3D baskı ile oluşturulan hareket yakalama ve enerji hasadı olan hibrit bir alt ekstremite sistemi (MC-EH-HL) tanıtılmıştır. Bu sistem, kayar blok-ray piezoelektrik jeneratörü (S-PEG) ile düşük frekanslı biyomekanik enerji hasadını ve çıkık tabanlı triboelektrik nanogeneratör (R-TENG) ile alt ekstremite hareket algılamayı mümkün kılmaktadır. S-PEG, alt ekstremite 3D hareketini ray üzerinde 1D doğrusal kaymaya dönüştüren özel olarak tasarlanmış mekanik yapılarla önerilmiştir. Bir yandan, çok düşük frekansta çalışan S-PEG ile yüksek çıkış gücü elde edilerek, Nesnelerin İnterneti çerçevesinde kablosuz algılama için kendi kendine sürdürülebilir sistemler gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan, R-TENG dijitalleştirilmiş triboelektrik çıkış sağlayarak, dönüş açılarını nabız sayılarıyla eşleştirmektedir. Ek fiziksel parametreler tahmin edilerek algılama boyutu zenginleştirilebilmektedir. Bu doğrultuda, demonstratif rehabilitasyon, sanal gerçeklikte insan-makine arayüzü ve spor izleme sunulmuştur. Geliştirilen hibrit sistem, çeşitli senaryolarda alt ekstremite hareket izleme ihtiyacını desteklemek için ekonomik ve enerji verimli bir çözüm sunmakta olup, yakın gelecekte kendi kendine sürdürülebilir çok boyutlu hareket izleme sistemlerinin yolunu açmaktadır.
8. Juri Taborri vd., (2020) Spor Biyomekaniğinde Giyilebilir Sensörler Araştırma makalesi, spor biyomekaniği uygulamalarında atalet, kuvvet ve elektromiyografi (EMG) sensörleri dâhil olmak üzere giyilebilir sensörlerin kullanımına genel bir bakış sunmaktadır. Literatür, giyilebilir sensörlerin sporda antrenörlük, antrenman ve yaralanmaların önlenmesi için değerli bilgiler sağlama potansiyelini vurgulamaktadır.
9. Bethany Rowson vd(2015) makalelerinde, Hockey STAR (Risk Analizi için Testlerin Toplamı) adlı yeni bir değerlendirme sistemi sunulmaktadır. Sistem, kafa hızlanmasını azaltan kaskların beyin sarsıntısı riskini de azaltacağını ve test koşullarının hokey oyuncularının yaşadığı darbelerin sıklığına göre ağırlıklandırıldığını varsaymaktadır. Sonuçlar, kaskların beyin sarsıntısı riskini azaltma yeteneğinde önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu, hokey

kaskı üreticilerine yaralanma riskini azaltmaya yönelik tasarımları optimize etmeleri için bilimsel bir çerçeve sağlamaktadır.

Bu özetler, her çalışmanın spor alanındaki uygulamaları ve potansiyel faydalarını vurgulamaktadır.



6. TARTIŞMA

Bu çalışma, fizik ve spor bilimleri arasındaki karmaşık etkileşimi derinlemesine incelemektedir. Biyomekanik, aerodinamik, nanoteknoloji, tork, açısal momentum, enerji, kuvvet ve denge gibi temel ilkeleri araştırarak, bu fiziksel kavramların sportif performansını iyileştirmede, ekipmanları optimize etmede ve yaralanmaları önlemede nasıl katkı sağladığını göstermeyi amaçlamaktadır.

Bu amaca ulaşmak için, sistematik gözden geçirme PRISMA protokollerine uygun olarak yapılmış ve Scopus ile Web of Science veri tabanlarından elde edilen veriler bibliyometrik analiz ile desteklenmiştir. Bu titiz yaklaşım, fiziksel ilkelerin spor bilimlerindeki evrimini ve artan etkisini 2014'ten 2024'e kadar takip etmemizi sağlamıştır.

Ana bulgularımız, biyomekanikğin sportif tekniklerin optimize edilmesinde, birçok spor dalında aerodinamik verimliliğin artırılmasında ve spor ekipman tasarımında nanoteknolojiye öncülük eden rolünü ortaya koymaktadır. Özellikle biyomekanik çalışmaları, sporcuların hareketlerini anlamada önemli bir rol oynamaktadır. Aerodinamik araştırmalar, bisiklet ve motor sporlarındaki performansın iyileştirilmesine dair kritik bilgiler sunmaktadır.

Açısal momentum ve tork, sporcuların hareketlerini kontrol etmeleri ve güç üretmeleri açısından temel kavramlar olarak öne çıkmaktadır. Özellikle döngüsel sporlar ve jimnastik gibi spor dallarında, açısal momentumun doğru yönetimi ve tork üretimi, sporcuların hareketlerini daha kontrollü ve verimli bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlamaktadır. Bu da performansın iyileştirilmesine ve sakatlanma riskinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.

Denge, sportif başarıda kritik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir. Biyomekanik çalışmalar, sporcuların dengeyi nasıl daha iyi sağlayabileceklerine dair değerli bilgiler sunmaktadır. İyi bir denge, sadece performansı artırmakla kalmamakta, aynı zamanda spor sakatlanmalarını da önlemektedir.

Kuvvet, spor performansının temel yapı taşlarından biri olarak kabul edilmektedir. Biyomekanik analizler, sporcuların hangi kas gruplarını ne zaman ve nasıl kullanmaları gerektiğini belirleyerek kuvvet üretimini ve verimliliğini artırmaktadır. Bu,

hem performansın iyileştirilmesine hem de sakatlanma riskinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Sonuç olarak, biyomekanik araştırmalar; enerji kullanımı, açısal momentum, tork, denge, nanoteknoloji, aerodinamik ve kuvvet konularında sunduğu bilgilerle spor performansını optimize etmede ve sakatlanmaları önlemede vazgeçilmez bir araçtır. Bu alanlardaki ilerlemeler, sporcuların daha etkili ve güvenli bir şekilde antrenman yapmalarına olanak tanıyarak, sporda başarı ve sağlık arasında denge kurulmasına yardımcı olmaktadır.

Bu tezde gerçekleştirilen sistematik derleme ve bibliyometrik analiz çalışması, bulgular bölümünde geçerlik ve güvenilirlik açısından titizlikle değerlendirilmiştir. Öncelikle, sistematik derlemenin iç geçerliliğini sağlamak amacıyla literatür taraması belirli ve sıkı kriterlere göre yapılmış, veri tabanları kapsamlı bir şekilde taranmış ve çalışmalara dahil edilme kriterleri açıkça tanımlanmıştır. Ayrıca, dahil edilen çalışmaların kalite değerlendirmesi, güvenilir ve geçerli ölçekler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bibliyometrik analiz kısmında ise kullanılan veriler ve analiz yöntemleri, literatürde kabul görmüş ve yaygın olarak kullanılan tekniklere dayanmaktadır. Veri toplama sürecinde kullanılan kaynaklar, bibliyometrik analizlerde yaygın olarak kullanılan güvenilir veri tabanlarından seçilmiştir.

Dış geçerliliği sağlamak adına, çalışmanın bulgularının genelleştirilebilirliğini artırmak için geniş bir zaman aralığını ve çeşitli disiplinleri kapsayan bir literatür taraması yapılmıştır. Ancak, çalışma sırasında karşılaşılan bazı sınırlılıklar da dikkate alınmıştır. Özellikle bibliyometrik analizlerde kullanılan veri tabanlarının kapsama alanının sınırlı olabileceği ve bazı önemli çalışmaların gözden kaçabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca, atıf verilerinin doğruluğu ve tamlığı, veri tabanlarının güncelliği ve kapsamı ile sınırlıdır.

Araştırmamızın güvenilirliği, titizlikle belirlenmiş protokollere bağlı kalınarak güçlendirilmiştir. Bu protokoller, sıkı dahil etme ve hariç tutma kriterleri, kapsamlı arama stratejileri ve titiz veri değerlendirme yöntemlerini içermektedir. Öznellik ve önyargıyı minimize etmek amacıyla, bağımsız değerlendiriciler çalışmaları değerlendirmiş ve Cohen'in Kappa katsayısı %80'in üzerinde ($\kappa=0.815$, $p=0.000$) bir

sonuç elde edilmiştir. Dahil edilen çalışmalar, PRISMA kalite değerlendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilmiş ve bulguların sağlamlığı ve güvenilirliği pekiştirilmiştir.

Geçerlilik, dahil edilen çalışmaların metodolojik titizliğinin dikkatlice değerlendirilmesi yoluyla sağlanmıştır. Sistematiik yaklaşımın sürdürülmesi için PRISMA, AMSTAR ve MESH terimleri gibi yerleşik yönergeler ve araçlar kullanılmıştır. Bu kapsamlı ve eleştirel değerlendirme süreci, fizik ve spor bilimi arasındaki ilişkinin şeffaf ve geçerli bir biçimde sunulmasına olanak tanımıştır.

Bibliyometrik analizde nanoteknoloji, aerodinamik, biyomekanik, denge, enerji, kuvvet, tork ve açısal momentum gibi alanlarda çeşitli anahtar eğilimler ve farkındalıklar ortaya konulmuştur. Bu eğilimler, ilgili araştırma alanlarının gelişimini ve zaman içindeki değişimlerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

Nanoteknoloji alanındaki araştırmalarda 2020 yılından itibaren önemli bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, nanoteknolojinin spor ekipmanlarının performansını ve dayanıklılığını artırmadaki potansiyeline yönelik artan ilgiyi yansıtmaktadır (Evans, 2020). Özellikle malzeme bilimindeki ilerlemeler, nanoteknolojinin spor dünyasında daha yaygın olarak kullanılmasına olanak tanımış ve bu alanda yapılan çalışmaların sayısında belirgin bir artışa neden olmuştur (Wang, 2014). Bu bağlamda sunulan makalelere dayanarak, spor ekipmanları alanında nanoteknolojinin uygulanmasına yönelik artan ilginin açık bir göstergesi bulunmaktadır (Wang 2014, Kumar 2019, Terrien 2023). Araştırmalar, nanoteknolojinin tenis raketleri, toplar ve diğer spor ekipmanlarının performansını ve dayanıklılığını önemli ölçüde artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Wang 2014, Kumar 2019). Malzeme bilimindeki gelişmeler, nanoteknolojinin spor endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasını sağlamış ve bu alandaki çalışmaların sayısının artmasına yol açmıştır (Wang 2014; Kumar 2019; Li 2022). Bu araştırmalar, performansı ve dayanıklılığı artırmanın yanı sıra, güvenlik endişelerini gidermek ve sporcu konforunu iyileştirmek için nanoteknoloji ile spor ekipmanı geliştirmenin gelecekteki önemini vurgulamaktadır (Wang 2014; Terrien 2023; Li 2022).

Aerodinamik alanında 2016 sonrasında belirgin bir artış yaşanmış ve bu artış 2022'de zirveye ulaşmıştır. Bu eğilim, artan araştırma fonları ve aerodinamik analizlerde kullanılan teknolojik ilerlemelerle açıklanabilmektedir (Plender, 2016).

Özellikle bisiklet ve motor sporları gibi alanlarda, aerodinamik verimliliğin spor performansını artırmadaki önemi, bu tür araştırmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. 2022'de zirveye ulaşan bu çalışmalar, sporcuların hız ve enerji tasarrufu gibi performans unsurlarını optimize etme çabalarını yansıtmaktadır (Parent, 2016). Aerodinamik üzerine yapılan araştırmalar, sporda verimlilik ve performansın artırılmasında önemli ilerlemelere yol açmıştır (Qiu, 2023). Bu, atletik duruşların optimize edilmesi ve sürtünmeyi azaltmak için spor ekipmanlarının ve araçlarının tasarımını kapsamaktadır. Bu gelişmeler, rekabetçi bisiklet, motor sporları ve diğer yüksek hızlı sporlarda pratik uygulamalara sahip olup, performansın artmasına ve enerji harcamasının azalmasına yol açmaktadır. Çalışmalar, pasif sürüklenme azaltma tekniklerinden yararlanma ve hava akışının tren modelleri üzerindeki etkisini analiz etme gibi çeşitli yöntemlerle sürüklenme katsayısını azaltmaya odaklanmıştır (Sugiono, 2019; Datta, 2019). Ayrıca, spor otomobillerdeki arka kanatlar ve uçak kanatlarındaki kanatçıklar gibi bileşenlerin tasarımı ve optimizasyonu, genel performans ve verimliliğin artırılmasında etkili olmuştur (Qiu, 2023; Hariyadi, 2017). Yenilenebilir enerji üretimi için rüzgâr türbinlerinin verimliliğini artırmak amacıyla da aerodinamik üzerine yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir (Kepekci, 2022; Kelele, 2022; Sathiyamoorthy, 2021).

Biyomekanik araştırmaları, özellikle 2018'den bu yana önemli bir büyüme kaydetmiştir (Pérez & Castilla, 2024). Bu büyüme, biyomekanikğin spor performansını artırma ve sporcu hareketlerini anlamadaki kritik rolünün altını çizmektedir (Pérez-Castilla, 2024; McNitt and Gray, 2024; Edriss, 2024). 2018 sonrası bu alandaki genişleme, giyilebilir teknolojilerdeki gelişmeler, hareket analiz sistemleri ve yaralanma risklerini azaltma ile performansı artırma gibi pratik sonuçlarla bağlantılıdır (Edriss, 2024; Pérez and Castilla, 2024; McNitt and Gray, 2024). Ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin entegrasyonu, çok modlu verilerin yönetimini sağlayarak spor dinamiklerinin anlaşılmasına ve performans analizine katkıda bulunmuştur (McNitt and Gray, 2024; Edriss, 2024; Pérez and Castilla, 2024). Ayrıca, kronik aşırı kullanımın neden olduğu yaygın yaralanma biçimlerini tahmin etmek ve önlemek için biyomekanik simülasyonların kullanılması, biyomekanikğin spor mühendisliği ve eğitim stratejilerindeki önemini vurgulamaktadır (Pérez and Castilla, 2024; Edriss, 2024; McNitt and Gray, 2024).

Son zamanlarda yapılan araştırmalar, golf, kriket ve jimnastik gibi çeşitli spor uygulamalarında tork ve açısıal momentum ilkelerinin önemini ortaya koymuş olup sportif performansın artırılması için değerli bilgiler sunmuştur. Örneğın, çalışmalar, açısıal momentumun transferi ve kontrolünün spin elektronikleri (elektronun içsel açısıal momentumu) uygulamaları için nasıl gerekli olduğunu vurgulamıştır. Bu bulgular, jimnastik ve çeşitli top sporlarında daha iyi dönme hareketleri elde etmek için stratejilerin geliştirilmesine yönelik potansiyel çıkarımlar sağlamaktadır (Shi, 2022; Mankovsky, 2022; Sanchez-Padilla, 2020; Hu, 2023). Ayrıca, yörüngesel açısıal momentum taşıyan bükülmüş ışık alanlarına yönelik araştırmalar, mikropartikül rotasyonundaki uygulamaları ortaya koyarak spor hareketlerinde dönen nesnelerin dinamiklerini anlamak ve optimize etmek için önemli katkılar sunmuştur (Scheid, 2023; Rego, 2019; Zhou, 2022).

Blade Element Momentum Analizi kullanılarak yapılan drone pervane tasarımlarının incelenmesi ve uydu tutum kontrolü için reaksiyon tekerleğı tasarımlarının geliştirilmesi, spor ekipmanları ve tekniklerinin mekaniğini anlamak için yararlı paralellikler sunmuş ve tork ile açısıal momentum ilkelerinin mühendislik ve aerodinamikteki daha geniş alaka düzeyini vurgulamıştır (Aminuddin, 2022; Wei, 2023; Liu, 2022).

Çeşitli çalışmalar, sporda dinamik ve statik dengenin önemini, özellikle sporcuların denge ve performansı ile ilişkili olarak incelemiştir (Jadczak, 2019; Lengkana, 2020; Halabchi, 2019). Örneğın, bir çalışmada profesyonel ve genç elit futbolcular arasında vücut dengesi kontrolü karşılaştırılmış ve daha yüksek spor seviyelerinin daha iyi denge ile ilişkili olduğu, bu durumun potansiyel olarak yaralanmaları önlemeye ve performansı iyileştirmeye katkı sağladığı bulunmuştur (Jadczak, 2019; Dunskey, 2017; Lengkana, 2020). Ayrıca, bale dansı öğrencileri üzerinde yapılan bir araştırma, statik dengenin gözler kapalıyken bozulduğunu, ancak dinamik dengenin tutarlı kaldığını göstermiştir (Fronczek & Wojciechows, 2016; Jadczak, 2019; Lengkana, 2020). Bununla birlikte, ilkokul öğrencilerinin denge öğrenimi, öğrencilerin dengesinde önemli gelişmelere yol açmıştır (Lengkana, 2020; Jadczak, 2019; Panwar, 2014). Genel olarak, bu çalışmalar sporda dinamik ve statik dengenin önemini ve sporcuların dengesini ve performansını artırmak için hedeflenen

eğitim yöntemlerinin faydalarını vurgulamaktadır (Jadczak, 2019; Lengkana, 2020; Halabchi, 2019).

Enerji ve spor ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda, Triboelektrik nanogeneratörler (TENG'ler) alanındaki araştırmalar, izleme ve performans geliştirme için atletik giyilebilir cihazlara uyum da dahil olmak üzere çeşitli uygulamalar için mekanik ve kinetik enerjiyi yakalamaya ve kullanmaya odaklanmıştır (Yang, 2024; Haroun, 2022; Zhang, 2021; Zheng, 2022). Çalışmalar, TENG'lerin insan hareketinden biyomekanik enerji toplama potansiyelini göstermiştir ve araştırmacılar, kendi kendine çalışan kuvvet algılama için insan adım kuvvetini elektrik enerjisine dönüştürebilen TENG tabanlı bir tabanlılık geliştirmişlerdir (Gonçalves, 2023; Haroun, 2022; Zheng, 2022). Ayrıca, TENG'lerin su dahil olmak üzere çeşitli mekanik kaynaklardan enerji toplamada, titreşim enerjisi toplama ve titreşim ölçümlerinde kullanılması önerilmiştir (Haroun, 2022; Ramesh, 2024; Cheng, 2024). TENG'lerin küçük elektronikler, akıllı cihazlar ve kablosuz sensörler için sürdürülebilir bir güç kaynağı olarak geliştirilmesi de büyük bir umut vaat etmektedir (Zheng, 2022; Haroun, 2022; Zhang, 2021). Ek olarak, araştırmalar, TENG'lerin biyoloji ve tıp biliminde fonksiyonel modülasyon için hücrelere kendi kendine çalışan elektrik stimülasyonu sağlama potansiyelini incelemiş; bu teknoloji, doku rejenerasyonu ve elektroporasyona dayalı ilaç dağıtımı için önemli çıkarımlar sunmuştur (Zhang, 2021; Zheng, 2022; Gonçalves, 2023). Genel olarak, TENG'lerin incelenmesi, enerji hasadı ve giyilebilir teknolojinin ilerlemesine değerli bir katkı sağlamaktadır (Haroun, 2022; Ramesh, 2024; Zheng, 2022).

Farklı spor dallarındaki kuvvet-spor bilimi ilişkisini anlamak, spor performansını optimize etmek açısından kritik bir öneme sahiptir ve bu ilişki, çeşitli disiplinlerden sporcular arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Bu bağlamda, kuvvet ve hız parametrelerinin farklı spor dallarında nasıl ayrıştığını inceleyen çalışmalara odaklanılmıştır (Koshio, 2024). Yer tepki kuvvetlerinin tahmini üzerine yapılan biyomekanik model tabanlı çalışmalar, rotasyonel sıçramalarda yer reaksiyon kuvvetlerini öngörmek için yeni yöntemler sunmaktadır (Liu, 2017). Bu çalışmalar, atalet ölçüm birimleri kullanarak 3B hareket analizinin bağımsız bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanımakta ve spor performansını değerlendirmede önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Koshio, 2024).

Beden eğitimi ve spor alanlarında entelektüel çalışma tekniklerinin kullanımı, öğrencilerin beceri ve yeteneklerini geliştirmekte önemli bir rol oynamaktadır. Bu teknikler, eğitim sürecinde kullanılan metodolojiler ve stratejilerle birlikte, sporcuların performanslarını artırmak için entelektüel yaklaşımın önemini vurgulamaktadır (Moldovan, 2019). Ayrıca, beden eğitimi ortamlarında karma yöntemlerin kullanımı, sosyal etkileşim koşullarını nicel veriler ve sözelleştirme olayları ile birleştirerek işbirlikçi öğrenme tasarımının fiziksel uygulamayı öğretme motivasyonuna etkisini incelemektedir. Bu yaklaşımlar, spor bilimlerinde fizik bilimi kavramlarının öğretim ve antrenman süreçlerinde nasıl entegre edilebileceğine dair önemli farkındalıklar sunmaktadır (Escalié, 2021; Nenko, 2022).

Anahtar kelime ve tematik analizler, araştırma temalarının motor, niş, gelişen ve temel alanlar olarak kategorize edilmesine olanak tanımıştır. Bu kategoriler, alanların gelişim ve merkezilik derecelerine göre farklılık göstermektedir. Analizler, fizik ve spor bilimi kesişiminde genişleyen ve çeşitlenen araştırma manzarasını gözler önüne sererken, bu kesişimdeki belirgin terimlerin önemini de vurgulamaktadır. Bu durum, spor biliminin sürekli evrilen doğasını ve disiplinler arası yaklaşımların giderek artan önemini ortaya koymaktadır.

En çok alıntı yapılan çalışmalara yakından bakıldığında, çeşitli alanlarda çığır açan ilerlemeler görülmektedir. Nanoteknoloji alanındaki çalışmalar, giyilebilir sensörler, enerji toplama mekanizmaları ve çok fonksiyonlu sistemlerdeki yenilikleri vurgulamakta, performans izleme ve biyomekanik analiz açısından önem arz etmektedir. Aerodinamik alanında yapılan araştırmalar ise atletik duruşların, spor ekipmanlarının ve araç tasarımının optimize edilmesine yönelik vurguyu ön plana çıkarmış; sürtünmeyi azaltma ve verimliliği artırmaya odaklanmıştır.

Tork ve açısal momentum üzerine yapılan çalışmalar, araç performansı, kas iyileşmesi ve enerji verimliliği ile spor ekipmanları üzerinde odaklanmıştır. Dengeye yönelik çalışmalar, çeşitli müdahalelerle dengeyi iyileştirmek ve yaralanma risklerini azaltmak için çözüm yolları önermekte olup, bu yöntemler arasında rehabilitasyon teknikleri ve yenilikçi değerlendirme sistemleri bulunmaktadır. Enerji alanında ise enerji toplama ve sürdürülebilirlik üzerine yapılan yenilikler, kendinden enerji üreten giyilebilir cihazlar ve spor tesisleri için yenilenebilir enerji sistemlerini içermektedir.

Kuvvet kavramında, hassas kuvvet ölçüm teknolojilerindeki gelişmelerin, gerçek zamanlı geri bildirim ve performans optimizasyonu açısından önemi büyüktür. Biyomekanik alanında, ileri düzey izleme sistemleri aracılığıyla insan hareketlerinin anlaşılmasındaki ilerlemeler, performans ve güvenliği artırma amaçlı tartışılmaktadır.

Sonuç olarak, çalışmamız, fiziksel ilkelerin spor bilimlerine entegrasyonuna dair değerli bilgiler sunmakta ve bu alandaki önemli ilerlemeler ile gelişen eğilimleri göstermektedir. Güvenilirlik ve geçerliliği sağlama konusundaki kapsamlı ve titiz yaklaşım, çalışmanın alana sağladığı katkıyı vurgulamakta ve gelecekteki disiplinler arası araştırmalar ve keşifler için sağlam bir temel sunmaktadır.

7. SONUÇ

Sonuç olarak, bu sistematik derleme ve bibliyometrik analiz, fiziksel ilkelerin spor bilimlerine yaptığı önemli katkıları kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu çalışma, mevcut uygulamaları ayrıntılı bir şekilde ele alarak, spor performansını, eğitim süreçlerini ve güvenliğini iyileştirme noktasında yenilik ve gelişmeler sağlayacak değerli farkındalıklar sunmaktadır. Ayrıca, gelecekteki araştırma alanlarını belirleyerek, disiplinler arası işbirlikleri ve teknolojik yeniliklerin spor bilimlerinde nasıl daha etkili bir şekilde kullanılabileceğine dair yeni yollar açmaktadır.

Bu araştırmanın etkileri ve katkıları, sadece akademik dünyada değil, aynı zamanda pratik uygulamalarda da geniş bir yelpazede yankı bulmaktadır. Sporcular, antrenörler, araştırmacılar ve daha geniş spor topluluğu için elde edilen bulgular, spor bilimleri alanındaki ilerlemeyi destekleyerek daha güvenli, verimli ve bilimsel temellere dayanan stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu analiz, ayrıca disiplinler arası işbirliğinin önemini vurgulayarak, fiziksel ilkelerin spor bilimlerinde daha geniş bir şekilde uygulanmasına yönelik yeni araştırma alanları ve fırsatlar sunmaktadır. Bu nedenle, araştırmanın sonuçları sadece teorik bilgiye katkı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda uygulamalı spor bilimleri pratiğinde de önemli gelişmelere olanak tanımaktadır. Spor bilimleri alanındaki bu bulgular, disiplinin gelecekteki gelişimini şekillendirecek önemli bir temel oluşturmaktadır.

Mevcut literatürün titiz bir şekilde sentezlenmesi ve araştırma eğilimlerinin belirlenmesi, yalnızca mevcut ilerlemeleri vurgulamakla kalmayıp, aynı zamanda gelecekteki araştırma alanlarını da işaretlemiştir. Bu çalışma, devam eden araştırma için sağlam bir çerçeve sunmakta ve fizik biliminin spor bilimlerine entegrasyonunu teşvik ederek yenilik ve sürekli iyileştirmeyi desteklemektedir.

Aerodinamik ve nanoteknolojinin spor ekipmanları ve giysilerinin tasarımında uygulanması, önemli ilerlemelere yol açmıştır. Bu yenilikler, sürtünmeyi azaltarak ve malzeme verimliliğini artırarak sporcu performansını ve güvenliğini iyileştirmektedir. Bulgular, spor teknolojisindeki devam eden araştırmaların önemini vurgulamakta ve daha etkili ve sürdürülebilir spor ekipmanlarının üretimine yönelik daha fazla gelişmeyi teşvik etmektedir.

Tork, açısal momentum ve denge konularındaki anlayıştaki ilerlemeler, sofistike eğitim ve rehabilitasyon araçlarının geliştirilmesine yol açmıştır. Giyilebilir sensörler ve gerçek zamanlı izleme teknolojilerinin entegrasyonu, fiziksel zorlanma ve iyileşmenin hassas ölçümlerini sağlayarak kişiselleştirilmiş eğitim rejimlerini ve daha etkili yaralanma rehabilitasyon protokollerini mümkün kılmaktadır.

Enerji toplama teknolojilerinin spor tesisleri ve ekipmanlarının sürdürülebilirliğini iyileştirme potansiyeli de önemli bir bulgudur. Triboelektrik nanogeneratörler ve diğer enerji verimli yenilikler, atletik aktivitelerden kinetik enerjiyi toplama ve kullanma imkânı sunmakta, bu da yeşil ve sürdürülebilir spor ortamlarına geçiş için bir yol önermektedir. Bu gelişmeler, spor tesislerinin operasyonel verimliliğini artırma ve çevresel etkilerini azaltma konusunda önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Bu bulgular, fiziksel prensiplerin spor bilimlerinde nasıl yenilikçi çözümler sunduğunu ve spor performansını, eğitim ve güvenliği nasıl iyileştirdiğini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Araştırmalar, gelecekteki çalışmalar için sağlam bir temel oluşturarak, spor bilimleri alanında daha etkili uygulamaların ve teknolojilerin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Spor bilimleri ve fizik bilimi, bu araştırmanın sonuçlarında büyük önem taşımaktadır. Fizik biliminde yer alan kavramların spor performansı ve güvenliği artırmak için nasıl kullanılabileceğine dair ayrıntılı bir inceleme sağlayarak, gelecekteki disiplinler arası işbirlikleri ve teknolojik yenilikler için zemin hazırlamaktadır. Bu, hızlı teknolojik gelişmelere ayak uydurmayı ve bu yeniliklerin spor alanında tam olarak faydalarını sağlamayı gerektiren sürekli araştırma ve geliştirme gereksinimini vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, bu tez, spor biliminin ilerlemesinde disiplinler arası yaklaşımların kritik önemini yeniden teyit etmektedir. Fizik ve spor bilimleri entegrasyonunun atlet performansını artırma, daha güvenli spor uygulamalarını teşvik etme ve fiziksel eğitim ve spor alanına katkıda bulunma potansiyelini vurgular. Daha derin bir anlayış ve yenilik teşvik ederek, bu araştırma, sporcular, antrenörler, araştırmacılar ve daha geniş spor topluluğu için değerli ve ilham verici bir kaynak sunmaktadır.

6.1. Sınırlılıklar

Bu sistematik derleme ve bibliyometrik analiz, fizik ve spor bilimleri arasındaki ilişkiye dair değerli farkındalıklar sağlasa da, bulguların genelleştirilebilirliğini ve uygulanabilirliğini etkileyebilecek bazı sınırlamaları kabul etmek gerekmektedir.

1. Varsayımlar ve Metodolojik Kısıtlamalar

Dâhil edilme ve hariç tutma kriterleri, bazı ilgili çalışmaların yanlışlıkla dışarıda kalmasına neden olacak şekilde önceden belirlenmiş olabilir. Bu filtreleme süreci, araştırma bulgularında önyargılara yol açabilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan bibliyometrik analiz yöntemleri yalnızca belirli veri tabanlarına dayanarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma, Scopus ve Web of Science veri tabanlarını kullanmış olup, bu veri tabanları geniş bir kapsama sahip olsa da, alandaki tüm önemli yayınları içermemekte ve özellikle diğer özel veya bölgesel veri tabanlarında yer alan yayınlar hariç tutulmuş olabilmektedir.

2. Örneklem Büyüklüğü ve Kapsam

Daraltılmış veri seti, ilk 6172 makaleden seçilen 565 ilgili makaleye odaklanmıştır. Bu örneklem büyüklüğü analiz için sağlam bir veri seti sağlamakta olup, mevcut araştırmanın yalnızca bir kısmını temsil etmektedir ve bu durum gözden geçirmenin kapsamını etkileyebilmektedir. Zamansal kapsam, 2014'ten 2024'e kadar olan araştırma eğilimlerini içermektedir. Bu dönem son gelişmeleri kapsasa da, mevcut araştırmaların temellerini atan önemli önceki katkıları hariç tutabilmektedir.

3. Anahtar Kelime ve Tematik Analizlerde Öznellik

Temaların kategorilendirilmesi ve anahtar kelime eğilimlerinin yorumlanması belirli bir öznellik derecesi içermektedir. Bağımsız değerlendiricilerin ve yerleşik protokollerin kullanımıyla önyargıyı en aza indirmeye yönelik çabalara rağmen, bazı öznел yorumlamalar kaçınılmaz olabilmektedir.

4. Teknolojik ve Bağlamsal Değişkenlik

Teknolojideki hızlı ilerlemeler, bulguların hızla eskiyebilmesine yol açabilmektedir. Bugün keskin bir şekilde tanımlanan bir konu, önemli ölçüde değişebilir ve bu durum araştırmanın sürekli olarak güncellenmesini gerektirebilir. Bağlamsal farklılıklar ise, fiziksel ilkelerin spor uygulamaları, belirli sporlar, bölgesel uygulamalar

ve sporcular arasındaki bireysel farklılıklar nedeniyle geniş bir varyasyon gösterebilir. Bu, bazı bulguların genelleştirilebilirliğini sınırlandırabilmektedir.

6.2. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

Bu çalışmanın bulgularını temel alarak ve sınırlamaları ele alarak, gelecekteki araştırmalar fizik ve spor bilimleri uyumunu daha fazla keşfetmek ve anlamak için birkaç yönde ilerleme sağlayabilmektedir.

1. Veri Tabanlarının ve Kapsama Kriterlerinin Genişletilmesi

Gelecek çalışmalarda, daha geniş bir veri tabanı kullanılarak özel ve bölgesel depoların da dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu, araştırma makalelerinin daha kapsamlı bir şekilde incelenmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, kapsama ve hariç tutma kriterlerinin gri literatür ve İngilizce olmayan yayınları da içerecek şekilde genişletilmesi, veri setinin daha temsili olmasına katkı sağlamaktadır. Böylelikle, elde edilen sonuçların daha genel geçer ve çeşitli kaynaklardan beslenmiş olması mümkün kılınmaktadır.

2. Uzun Süreli ve Tarihsel Analiz

Zamansal kapsamın genişletilmesi, tarihsel araştırmaları da içerecek şekilde yapılmalıdır. Bu sayede, fizik ve spor bilimleri arasındaki disiplinler arası çalışmaların evrimini daha bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirmek mümkün kılınmaktadır. Ayrıca, belirli yeniliklerin etkisini zaman içinde izlemek amacıyla uzun süreli çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu tür uzun vadeli araştırmalar, fizik bilimindeki kavramların spor bilimlerine uyumunun etkinliği ve sonuçları hakkında daha derin bir anlayış sağlamaktadır.

3. Disiplinler Arası İşbirlikleri ve Vaka Çalışmaları

Fizikçiler, spor bilimciler, mühendisler ve teknolojik gelişmeler üzerine çalışanlar arasındaki işbirlikçi araştırma girişimlerinin teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu tür işbirlikleri, daha bütünsel ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, fizik bilimindeki kavramların çeşitli spor ortamlarında pratik uygulamalarına odaklanan vaka çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Bu tür çalışmalar, teorik bulguların gerçek dünyadaki doğruluğunu ve uygulanabilirliğini sağlamaktadır.

4. Gelişen Teknolojilerin Keşfi

Gelecek araştırmalar, 3D baskı, yapay zekâ ve kablosuz güç sistemleri gibi gelişen teknolojilerin spor bilimlerinde uygulanmasını keşfetmelidir. Bu tür teknolojilerin uyumu, spor bilimlerinde yenilikçi çözümler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, giyilebilir teknoloji ve karmaşık veri analitiğinin uyumunu araştırmak gerekmektedir. Bu, gerçek zamanlı izlemeyi ve kişiselleştirilmiş eğitim programlarını geliştirmeye olanak tanımaktadır.

5. Az İncelenmiş Alanlara Odaklanma

Bibliyometrik analizde belirlenen niş ve gelişen temalar, örneğin tork, açısal momentum ve enerji kullanımı gibi alanlar, disiplinler arası araştırmalar için yeni fırsatlar ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, farklı sporlar arasındaki karşılaştırmalı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar, fiziksel ilkelerin evrensel mi yoksa spor özelinde mi uygulandığını anlamaya yönelik önemli farkındalıklar sağlamaktadır. Bu şekilde, elde edilen bulguların kapsamı ve önemi genişletilmektedir.

Sonuç olarak, bu tez fizik ve spor bilimleri arasındaki kesişimi anlamada önemli bir katkı sunmaktadır. Belirlenen sınırlamaları ele alarak ve önerilen gelecekteki araştırma yönlerini takip ederek, bilgi birikimini zenginleştirecek ve sportif performansı en uygun şekilde artıracak, spor ortamlarının güvenliğini geliştirecek ilerlemelere yol açacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Kader Ali, R. (2016). Lost Moment of Momentum and Its Relationship to Javelin Throw Distance for Those with Various Record Levels. *Journal of Applied Sports Science*, 6(2), 10-17.
- Açıkada, C., ve Ergen, E. (1990). *Bilim ve spor*. Ankara: Büro Tek Ofset.
- Adair, R. K. (1995). The physics of baseball. *Physics Today*, 48(5), 26-31.
- AK, M. O. (2021). Spor Yönetimi Açısından Teknolojinin Spora Entegrasyonu Cybathlon Örneği. *Pearson Journal*, 6(16), 413-427.
- Alam, F., Chowdhury, H., & Moria, H. (2019). A review on aerodynamics and hydrodynamics in sports. *Energy Procedia*, 160, 798-805.
- Amin, M., & Mabe, M. A. (2003). Impact factors: use and abuse. *Medicina (Buenos Aires)*, 63(4), 347-354.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975
- Aromataris, E., & Pearson, A. (2014). The systematic review: an overview. *AJN The American Journal of Nursing*, 114(3), 53-58.
- Arslanoğlu, E., Aydoğmuş, M., Arslanoğlu, C., & Şenel, Ö. (2010). Badmintoncularda Reaksiyon Zamanı ve Denge İlişkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 4(2), 131-136.
- Ateş, B., Çetin, E., & Yarım, İ. (2017). Kadın sporcularda denge yeteneği ve denge antrenmanları. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 66-79.
- Atha, J. (1981). Strengthening muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 9(1), 1-74.
- Ayas O. (2015). *Nanobilim Ve Nanoteknoloji Yöntemleri İle Tekstil Yüzeylerine Kazandırılan Çoklu Fonksiyonel Özelliklerinin, Karakterizasyon Yöntemlerinin Ve Kullanım Alanlarının Araştırılması Üzerine Bir Çalışma*. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.

- Bahar, A. T. E. Ş., Çetin, E., & Yarım, İ. (2017). Kadın sporcularda denge yeteneği ve denge antrenmanları. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 66-79.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
- Bartlett, R. (2014). *Spor biyomekaniğine giriş: İnsan hareket modellerinin analizi*. Routledge.
- Bartlett, R. M., & Best, R. J. (1988). The biomechanics of javelin throwing: a review. *Journal of sports sciences*, 6(1), 1-38.
- Bir, A., Kaçar, M., & Acar, Ş. (2006). *Türk menzıl okçuluğu, yay ve okları. Osmanlı Bilimi Araştırmaları*, 8(1), 39-67.
- Blazevich, A., & Blazevich, A. J. (2017). *Sports biomechanics: the basics: optimising human performance*. Bloomsbury Publishing.
- Bulgan, Ç. (2005). *Cirit atma tekniğinin biyomekaniksel analizi* (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Cabarkapa, D., Cabarkapa, D. V., Miller, J. D., Templin, T. T., Frazer, L. L., Nicoletta, D. P., & Fry, A. C. (2023). Biomechanical characteristics of proficient free-throw shooters markerless motion capture analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1208915.
- Can, İ. (2014). “*Tam squat hareketinin itme evresindeki kinetik-kinematiklerin sprint ve sıçrama performansı ile ilişkisi*”, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, ss 29-35.
- Canibek, M., Sesli, F. A., & Çetin, C. (2016). Spor Biyomekaniğinde ve Üç Boyutlu Hareket Analizinde Sayısal Fotogrametrinin Kullanılması. *Spor Hekimliği Dergisi*, 51(4), 117-127.
- Carr, S. (2013). *Attachment in sport, exercise and wellness*. Routledge.

- Chan, C. M., & Rossmann, J. S. (2012). Badminton shuttlecock aerodynamics: synthesizing experiment and theory. *Sports Engineering*, 15, 61-71.
- Cieřliński, I., Gierczuk, D., & Sadowski, J. (2021). Identification of success factors in elite wrestlers An exploratory study. *PloS one*, 16(3), e0247565.
- Coşkuntürk, O. S. (2023). **Sırıkla yüksek atlama biomekaniğıne yeni bir bakış aısı.** Kongre bildiri özet ve tam metin kitabı, 11, ss. 50-57
- Cross, R. (2011). *Physics of baseball & softball*. Springer Science & Business Media.
- Çalışkan, M., & Fındık, F. (2012). Malzeme, Ergonomi Ve Biyomekanik İlişkisi. *Sakarya University Journal of Science*, 16(3), 273-282.
- Çalışkan, O. (2013). **Özel düzenlenmiş pliometrik antrenmanların atletizm yapan (11-13 yaş) çocukların aerobik ve anaerobik güçlerine etkisi** (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Çarıkcı, S., Tuz, K., & Külünkoğlu, B. A. (2021). Cirit Atma Tekniğı ve Biyomekaniksel Açıdan Değerlendirilmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 26(4), 439-452.
- Dalton, D., & Coyle, L. **Learn to Play like Minnesota Fats: Augmented Reality in the Pool Hall.**
- Datta, B., Goel, V., Garg, S., & Singh, I. (2019). **Study of Various Passive Drag Reduction Techniques on External Vehicle Aerodynamics Performance: CFD Based Approach.**
- Demirçalı, S. (2006). **Üniversite öğrencilerinin kuvvet ve hareket kavramlarını algılamaları üzerine bir çalışma** (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Demirkıran, A. (2019). Nanoteknolojinin İnsan Sağlığına Faydalı ve Zararlı Yönleri. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9 (2) , 136-148.
- Devecioğlu, S., & Altıngöl, O. (2011, May). Spor teknolojilerinde inovasyon. **In 6th International Advanced Technologies Symposium** (Vol. 46, p. 49).

- Du, F., Ke, P., & Hong, P. (2023). How ploughing and frictional melting regulate ice-skating friction. *Friction*, 11(11), 2036-2058.
- Dunsky, A., Barzilay, I., & Fox, O. (2017). Effect of a specialized injury prevention program on static balance, dynamic balance and kicking accuracy of young soccer players. *World Journal of Orthopedics*, 8, 317 - 321.
- Edriss, S., Romagnoli, C., Caprioli, L., Zanela, A., Panichi, E., Campoli, F., Padua, E., Annino, G., & Bonaiuto, V. (2024). The Role of Emergent Technologies in the Dynamic and Kinematic Assessment of Human Movement in Sport and Clinical Applications. *Applied Sciences*.
- Edwards, S., Lee, R., Fuller, G., Buchanan, M., Tahu, T., Tucker, R., & Gardner, A. J. (2021). 3D biomechanics of rugby tackle techniques to inform future rugby research practice: a systematic review. *Sports medicine-open*, 7(1), 39.
- Emre, İ. (2022). *Bilim tarihinde doğa, yasa ve yasalılık: Isaac Newton ve Albert Einstein örneği* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Engelmann, W., von Hohendorff, R., & Leal, D. W. S. (2021). Regulations for using nanotechnology in food and medical products. *In Biopolymer-Based Nano Films* (pp. 387-411). Elsevier.
- Erkmen N, Suveren S., Göktepe A.S., Yazıcıoğlu K., “Sporcuların Egzersiz Sonrası Denge Performanslarının Karşılaştırılması”, *Egzersiz Çevrimiçi Dergi*, cilt 1: (2), 2007.
- Erkmen, N., Suveren, S., Göktepe, A. S., & Yazıcıoğlu, K. (2007). Farklı branşlardaki sporcuların denge performanslarının karşılaştırılması. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(3), 115-122.
- Ersöz, M., Işıtan, A., & Balaban, M. (2018). *Nanoteknoloji 1: nanoteknolojinin temelleri*.
- Ertürk, A. (2012). Kaos kuramı: yönetim ve eğitimdeki yansımaları. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 20(3), 849-868.

Escali , G., Legrain, P., & Lafont, L. (2021). Relationships between social interactions and acquisitions: do mixed methods provide added value in physical education contexts? *Physical Education and Sport Pedagogy*, 27, 144 - 155.

Esser, L. (2011). Swept Away: Exploring the Physics of Curling. *Science Scope*, 35(4), 36-39.

Evans, R. (2020). *Ethics, nanotechnology and elite sport: the need for a precautionary approach* (Doctoral dissertation, Swansea University).

Fédération Internationale de l'Automobile

Ferdinands, R. E. (2011). Analysis of segmental kinetic energy in cricket bowling. *Procedia Engineering*, 13, 246-251.

Filiz, K. (2002). Sporun tan mlanması ve kapsamının belirlenmesi üzerine bir  alışma. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(2).

Frohlich, C. (2011). Resource letter PS-2: Physics of sports. *American Journal of Physics*, 79(6), 565-574.

Fronczek-Wojciechowska, M., Padula, G., Kowalska, J., Galli, M., Livatino, S., & Kopacz, K. (2016). Static balance and dynamic balance related to rotational movement in ballet dance students. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16, 801 - 816.

Fu, B., and Gao, J. (2020, November). Study on the application of graphene polymer material in sports equipment. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1676, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.

Garfield, E. (2006). The history and meaning of the journal impact factor. *jama*, 295(1), 90-93.

Garfield, E. (2006). The history and meaning of the journal impact factor. *jama*, 295(1), 90-93.

Gay, T. (2004). *Football physics: the science of the game*. Rodale Books.

Gedikli, A. (2018). *Beden Eğitimi  ğrencilerine göre futbolda başar yı etkileyen faktörlerin belirlenmesi* (Master's thesis, Eğitim Bilimleri Enstitüsü).

- Go, D., Jo, D., Kim, K., Lee, S., Kang, M., Park, B., Blügel, S., Lee, H., & Mokrousov, Y. (2023). Long-Range Orbital Torque by Momentum-Space Hotspots. *Physical review letters*, 130 24, 246701 .
- Gonçalves, I., Rodrigues, C., & Ventura, J. (2023). Sea State Adaptation Enhances Power Output of Triboelectric Nanogenerators for Tailored Ocean Wave Energy Harvesting. *Advanced Energy Materials*, 14.
- Grimshaw, P. (2019). Newton's laws of motion: Angular motion. In *Instant Notes in Sport and Exercise Biomechanics* (pp. 171-181). Garland Science.
- Gündüz, N. (1997). **Antrenman bilgisi** (2. baskı), İzmir: Saray Kitapevi.
- Güneş, T., & Akdağ, F. T. (2015). Fen Lisesi öğrencilerinin enerji konusundaki algıları ve disiplinlerarası ilişkilendirme düzeylerinin belirlenmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 2(2), 499-507.
- Güney, S. (2019). Vücudu saran spor giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerinin incelenmesi.
- Haake, S. (2012). Instant Expert: The physics of sport. *New Scientist*, 215(2872), iv-v.
- Haché, A. (2002). *The physics of hockey*. JHU Press.
- Halabchi, F., Abbasian, L., Mirshahi, M., Mazaheri, R., Pourgharib Shahi, M.H., & Mansournia, M.A. (2019). Comparison of Static and Dynamic Balance in Male Football and Basketball Players. *Foot & Ankle Specialist*, 13, 228 - 235.
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2006). *Biomechanical basis of human movement*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Hansen, Ms., Dieckmann, B., Jensen, K., . Jakobsen, Bw. "The Reliability Of Balance Tests Performed On The Kinesthetic Ability Trainer (Kat 2000)", Knee Surg, Sports Traumatol, *Arthrosc*, 8 : 180-185. 2000 .
- Harifi, T. ve Montazer, M. (2017). Geliştirilmiş spor aktiviteleri, performans, verimlilik ve konfor için spor kıyafetlerinde ve döşemede nanoteknolojinin uygulanması: bir inceleme. *Endüstriyel Tekstil Dergisi*, 46 (5), 1147-1169.

- Hariyadi, S.P. (2017). *An analysis on Aerodynamics Performance Simulation of NACA 23018 Airfoil Wings on Cant Angles*.s
- Haroun, A., Tarek, M., Mosleh, M., & Ismail, F. (2022). Recent Progress on Triboelectric Nanogenerators for Vibration Energy Harvesting and Vibration Sensing. *Nanomaterials*, 12.
- Hekim, M., & Hekim, H. (2015). **Çocuklarda kuvvet gelişimi ve kuvvet antrenmanlarına genel bakış**. Güncel Pediatri, 13(2), 110-115.
- Heper, E., Sertkaya, Ö. G. Ö., Koca, C., Ertan, H., Kale, M., Terekli, S., ... & Demirhan, G. (2012). *Spor bilimlerine giriş*. Eskişehir: Açık Öğretim Fakültesi Yayını, 1.
- Hergüner, G., Yaman, Ç., Gümüşdağ, H., & Yücel, A. S. (2021). *Spor Ve Sosyal Bilimleri Üzerine Yaklaşımlar*. Güven Plus Grup A. Ş Yayınları, 1-438. (168-217 sf)
- Higgins, J. P., & Green, S. (Eds.). (2008). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*.
- Hof, A. L. (2007). The equations of motion for a standing human reveal three mechanisms for balance. *Journal of biomechanics*, 40(2), 451-457.
- Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports medicine*, 41, 221-232.
- Hu, Y., Kingsley-Smith, J.J., Nikkhou, M., Sabin, J.A., Rodríguez-Fortuno, F.J., Xu, X., & Millen, J. (2022). Structured transverse orbital angular momentum probed by a levitated optomechanical sensor. *Nature Communications*, 14.
- İpek Akbulut, H. (2013). *İkili yerleşik öğrenme modeli ile yapılan öğretimin öğrencilerin bilişsel alandaki başarılarına ve kavramsal değişimlerine etkisinin incelenmesi: kuvvet ve hareket ünitesi örneği*.
- İskipci, M., Aktüre, K. G., Yılmaz, D., Arkış, D., & Top, E. (2022). Deselerasyon: Atletik Performans İçin Fiziki Yönü: Geleneksel Derleme. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 14(3).

- Jadczak, Ł., Grygorowicz, M., Dzudziński, W., & Śliwowski, R. (2019). Comparison of Static and Dynamic Balance at Different Levels of Sport Competition in Professional and Junior Elite Soccer Players. *Journal of strength and conditioning research*.
- Jang, T. R., Chang, C. F., Chen, S. C., Fu, Y. C., & Lu, T. W. (2009). Biomechanics and potential injury mechanisms of wrestling. *Biomedical Engineering: Applications, Basis and Communications*, 21(03), 215-222.
- Karaçam, Z. (2013). Sistematik derleme metodolojisi: Sistematik derleme hazırlamak için bir rehber. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 26-33.
- Karakoç, B. (2021). *Spor Bilimleri Alanında Akademik Çalışmalar*. Bölüm 27
- Karimi Asl, A. (2016). *Farklı spor branşlarındaki sporcularda ve spor yapmayanlarda denge, antropometrik ölçümler ile yürüyüş biyomekaniği parametreleri ve stabilitesi arasındaki ilişkinin incelenmesi ve karşılaştırılması*.
- Kelele, H.K., Frøyd, L., Kahsay, M.B., & Nielsen, T.K. (2022). Characterization of Aerodynamics of Small Wind Turbine Blade for Enhanced Performance and Low Cost of Energy. *Energies*.
- Kepekci, H. (2022). Comparative Numerical Aerodynamics Performance Analysis of NACA0015 and NACA4415 Airfoils. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*.
- Kesepara, F., & Tatar, Y. (2023). Sualtı Hokey Sporcularında Üç Farklı Palet Modeline Göre Sprint Ayak Vuruşlarının Bitiriş Süreleri ve Vuruş Sayılarının İncelenmesi. *Eurasian Research in Sport Science*, 8(2), 159-166.
- Kılıç, R. T. (2018). *Farklı Spor Branşlarındaki Sporcuların Denge Performans Parametrelerinin Tanımlayıcı Özelliklerinin Belirlenmesi*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Knudson, D. V., & Knudson, D. (2007). *Fundamentals of biomechanics* (Vol. 183). New York: Springer. 37-51.

- Kooi, B. W. (1981). On the mechanics of the bow and arrow. *Journal of engineering mathematics*, 15(2), 119-145.
- Kooi, B. W. (1981). On the mechanics of the bow and arrow. *Journal of engineering mathematics*, 15(2), 119-145.
- Koshio, T., Haraguchi, N., Takahashi, T., Hara, Y., & Hase, K. (2024). Estimation of Ground Reaction Forces during Sports Movements by Sensor Fusion from Inertial Measurement Units with 3D Forward Dynamics Model. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 24.
- Kumar, M. (2019). *Applications of Nano science in sports: An analytical study*.
- Kuter, F. Ö., & Atasoy, B. (2005). Küreselleşme ve spor. *Eğitim Fakültesi Dergisi XVIII* (1), 11-22.
- Lengkana, A.S., Rahman, A.A., Alif, M.N., Mulya, G., Priana, A., & Hermawan, D. (2020). *Static and Dynamic Balance Learning in Primary School Students*.
- Li, Y. M., Hsieh, C. Y., & Fan, S. N. (2024). *A social selection mechanism for sports betting market. Decision Support Systems*, 178, 114119.
- Li, Z., & Wang, F. (2022). Influence of polymer properties on sports equipment performance from the perspective of composite materials. *Science of Advanced Materials*, 14(10), 1613-1621.
- Liu, N., Hung, K., Lin, Y., & Yang, S. (2022). Design of Satellite Reaction Wheel with Flexible PCB Windings for Angular Momentum Optimization. *2022 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 1-4.
- Liu, Y. (2017). *The Research on Optimizing Training Program for Master Graduate Students in Sports Science under National Program On the Basis of Comparative Analysis of 13 National Sports Colleges*.
- Luque, V. J. (2016). The principle of stasis: Why drift is not a zero-cause law. Studies in History and Philosophy of Science Part C: *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 57, 71-79.
- Manilal, K. P. (2006). *Science of strength training*. New Delhi: Sports Publication.

- Mankovsky, S., Polesya, S., Lange, H., Weißenhofer, M., Nowak, U., & Ebert, H. (2022). Angular Momentum Transfer via Relativistic Spin-Lattice Coupling from First Principles. *Physical review letters*, 129 6, 067202 .
- Maza, M. S., Preidikman, S., & Flores, F. G. (2023). A cost-effective algorithm for the co-simulation of unsteady and non-linear aeroelastic phenomena. *Journal of Fluids and Structures*, 118, 103838.
- McGinnis, P. M. (2013). *Biomechanics of sport and exercise*. Human Kinetics.
- McNitt-Gray, J.L., Held, L.A., Mathiyakom, W., Peterson, T.J., & Zaferiou, A.M. (2024). Make an impact: going full circle together. *Sports biomechanics*, 1-20 .
- Mehta, RC (2023). Spor Topları, Badminton Raketle ve Ciritin Aerodinamiği. *Burslu Mühendislik ve Teknoloji Dergisi* , 11 , 4-10.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*, T. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group*, T. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine*, 151(4), 264-269.
- Moldovan, E., & Mindrescu, V. (2019). Optimizing The Training Process Of Students From Physical Education And Sports Department Through Techniques Of Intellectual Work. *Sport and Society*.
- Moreira, M., Morais, J.E., Marinho, D.A., Silva, A., Barbosa, T.M., & Costa, M.J. (2014). Growth influences biomechanical profile of talented swimmers during the summer break. *Sports Biomechanics*, 13, 62 - 74.
- Muratlı, S., Şahin, G., ve Kalyoncu, O. (2005). *Antrenman ve Müsabaka*. İstanbul: Yaylın Yayıncılık.

- Murayama, H., Tomonoh, S., Alford, J. M., & Karpuk, M. E. (2005). Fullerene production in tons and more: from science to industry. **Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures**, 12(1-2), 1-9.
- Naderi, S., Karakoç, Y. (2020) **Biyomekaniğin Temelleri**, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yayınları 1-7.
- Nenko, Y., Medynskyi, S., Maksymchuk, B., Lymarenko, L., Rudenko, L., Kharchenko, S.Y., Kolomiets, A., & Maksymchuk, I. (2022). Communication Training of Future Sports Coaches in the Context of Neurophysiological Patterns. **BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience**.
- Nobari, H., Azarian, S., Saedmocheshi, S., Valdés-Badilla, P., & Calvo, T. G. (2023). Narrative review: The role of circadian rhythm on sports performance, hormonal regulation, immune system function, and injury prevention in athletes. **Heliyon**.
- Nordin, M., & Frankel, V. H. (Eds.). (2001). **Basic biomechanics of the musculoskeletal system**. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nuhoğlu, H. (2008). İlköğretim öğrencilerinin hareket ve kuvvet hakkındaki bilgilerinin değerlendirilmesi. **İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, 9(16), 123-140.
- Nunome, H., Hennig, E., & Smith, N. (Eds.). (2017). **Football biomechanics** (p. 40). New York, NY: Routledge.
- Özdemir, K., & Şebin, K. (2020). Buz Sporlarının Satrancı: Curling'in Tarihsel Yolculuğu1. **Journal of History School (JOHS)**.
- Özdoğan, E., Demir, A., & Seventekin, N. (2006). **Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları**. Tekstil ve Konfeksiyon, 16(3), 160-168.
- Özkaya, N., Nordin, M., Goldsheyder, D., & Leger, D. (2019). Temel Biyomekanik.
- Öztürk, O. (2021). Bisiklet Sporunun Gelişimi ile Olimpiyatlardaki Bisiklet Yarışı Disiplinleri ve Bu Disiplinlerdeki Kullanılan Bisikletlerin Türlerinin

- İncelenmesi. *GERMENİCA Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 1-13.
- Öztürk, O. (2021). Yarış bisikletlerinde kullanılan komponentlerin aerodinamik açıdan incelemesi (yol bisikleti aerodinamiği). *Uluslararası Bozok Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 169-176.
- Panwar, N., Kadyan, G., Gupta, A.A., & Narwal, R. (2014). *Effect Of Wobble Board Balance Training Program On Static Balance, Dynamic Balance & Triple Hop Distance In Male Collegiate Basketball Athlete*.
- Parent, B., Shneider, M.N., & Macheret, S.O. (2016). Detailed Modeling of Plasmas for Computational Aerodynamics. *AIAA Journal*, 54, 898-911.
- Pavlovic, R., Idrizovic, K., Savic, V., Vrcic, M., Radulovic, N., & Simeonov, A. (2020). The differences of kinematic parameters javelin throw between male and female finalists world championship (Berlin, 2009-Daegu, 2011). *American Journal of Sports Science and Medicine*.
- Penner, A. R. (2001). The physics of golf: The convex face of a driver. *American Journal of Physics*, 69(10), 1073-1081.
- Penner, A. R. (2001). The physics of golf: The convex face of a driver. *American Journal of Physics*, 69(10), 1073-1081.
- Pérez-Castilla, A., & García-Pinillos, F. (2024). Sports Biomechanics Applied to Performance Optimization. *Applied Sciences*.
- Perrin, P., Schneider, D., Deviterne, D., Perrot, C., Constantinescu, L., “Training Improves The Adaptation To Changing Visual Conditions in Maintaining Human Posture Control in a Test of Sinusoidal Oscillation of the Support”, *Neurosci Lett*, 245, 155–158, 1998.
- Plender, J. B. (2016). *Internship at Flanders' Bike valley*.
- Plunkett, J. W. (Ed.). (2008). Plunkett's Nanotechnology & Mems Industry Almanac 2008: Nanotechnology & Mems Industry Market Research, Statistics, Trends & Leading Companies. **Plunkett Research, Ltd.**

- Porritt, K., Gomersall, J., & Lockwood, C. (2014). JBI's systematic reviews: study selection and critical appraisal. *AJN The American Journal of Nursing*, 114(6), 47-52.
- Preatoni, E., Wallbaum, A., Gathercole, N., Coombes, S., Stokes, K. A., & Trewartha, G. (2012). An integrated measurement system for analysing impact biomechanics in the rugby scrum. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 226(3-4), 266-273.
- Qiu, Z., & Zhang, H. (2023). Aerodynamics-based design of the rear wing of a sports car. *Applied and Computational Engineering*
- Rajput, R., Kumar, V., & Singh, A. (2019). *The Application of physics in sports*.
- Ramesh, P., & Castillo-González, D.W. (2024). The innovative technology of triboelectric nanogenerators for intelligent sports. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*.
- Ramey, M. R. (1974). The use of angular momentum in the study of long-jump take-offs. In *Biomechanics IV* (pp. 144-148). Palgrave, London.
- Ratamess, N. (2012). *ACSM'S foundations of strength training and conditioning*. Chine: Lippincott Williams & Wilkins.
- Rego, L., Dorney, K.M., Brooks, N.J., Nguyen, Q.L., Liao, C., Román, J.S., Couch, D.E., Liu, A., Pisanty, E., Lewenstein, M., Plaja, L., Kapteyn, H.C., Murnane, M.M., & Hernández-García, C. (2019). Light with a self-torque: extreme-ultraviolet beams with time-varying orbital angular momentum. *arXiv: Optics*.
- Revan S., Aydoğmuş M., Balcı Ş.S., Pepe H., Eroğlu H., 2007, “Türk Ve Yabancı Ülke Milli Takım Badmintoncularının Bazı Fiziksel Ve Fizyolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi” *Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* Cilt1, Sayı2.
- Sathiyamoorthy, K., Sowrav Raj, V.R., Mathan Raj, V., & Yoghanandhan, L. (2021). Performance and aerodynamics study on wind turbine. *Journal of Physics: Conference Series*, 2054.

- Schade F, Arampatzis A. Influence of pole plant time on the performance of a special jump and plant exercise in the pole vault. *J Biomech.* 2012 Jun 1;45(9):1625-31.
- Scheid, P., Mangin, S., & Lebegue, S. (2023). *Light--absorbed orbital angular momentum in the linear response regime.*
- Seifert, L., & Barbosa, T.M. (2013). Introduction to the special issue on swim & aquatic activities. *Journal of sports science & medicine*, 12 4, xii .
- Shaheen, N., Shaheen, A., Ramadan, A., Hefnawy, M. T., Ramadan, A., Ibrahim, I. A., & Flouty, O. (2023). Appraising systematic reviews: a comprehensive guide to ensuring validity and reliability. *Frontiers in research metrics and analytics*, 8, 1268045.
- Silva, A. J., Rouboa, A., Moreira, A., Reis, V. M., Alves, F., Vilas-Boas, J. P., & Marinho, D. A. (2008). Analysis of drafting effects in swimming using computational fluid dynamics. *Journal of sports science & medicine*, 7(1), 60.
- Spathopoulos, V. M. (2013). *An introduction to the physics of sports*. Gopublished.
- Spitzer, D. M. (2020). Figures of Motion, Figures of Being: On the Textualization of the Parmenidean Poem. *Ancient Philosophy*, 40(1), 1-18.
- Standring, S. (Ed.). (2021). Gray's Anatomy E-Book: Gray's Anatomy E-Book. *Elsevier Health Sciences*.
- Stoppani, J. (2006). *Encyclopedia of muscle & strength: Principles, equipment, exercises, workouts, programs. United States: Human Kinetics.*
- Sugiono, S., Sedaju, A., Novareza, O., & Sulistyorini, D.H. (2019). Optimal Shape Design of Medium-Speed Train based on Aerodynamics Performance. *Universal Journal of Mechanical Engineering*.
- Şahin, O. Z. (2019). *Nanoteknolojik ürünlerin giydirmce cephe sektörü bağlamında araştırılması* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Şentürk, E., & Özer, M. K. (2022). Sporda Teknolojik Gelişmeler, *Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 49-63.

- Şimşek, D., Yurtcan, M. T., & Oktay, Ö. (2019). Fen bilgisi öğretmeni adaylarının kuvvet ve hareket konularındaki kavram yanılgıları. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(3), 195-214.
- Taşkıran, Y. (2003). *Klasik antrenman teorisi*. İzmit: Yayıncı Yayınları.
- Taylor, D. (2008). *Nanotechnology and Sports*.
- Tekin, Y. S. (2016). *Atletizm, güreş, taekwondo branşı yapan sporcuların denge performanslarının incelenmesi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Terrien, E., Huet, B., & Saury, J. (2023). Exploring the Interplay Between Humans and Sports Equipment in the Quest for Performance. *Adaptive Behavior*, 31(4), 385-388.
- Tortum, A. C. (2017). *Bayan voleybolculara uygulanan kor stabilizasyon egzersizlerinin denge ve anaerobik performansa etkisi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Tozkoparan, K. E., & Karaduman, Ö. (2022). Spor Biyomekaniğinde Performans Analizi için Hareket Yakalama Teknolojisi Uygulamaları. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 34(2), 95-111.
- Tozkoparan, K. E., & Karaduman, Ö. (2022). Spor Biyomekaniğinde Performans Analizi için Hareket Yakalama Teknolojisi Uygulamaları. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 34(2), 95-111.
- Tozluoğlu, A., Çöpür, Y., Özyürek, Ö., & Çıtlak, S. (2015). Nanoselüloz üretim teknolojisi. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2), 203-219.
- Turgut, O., Keskin, H. L., & Avşar, A. F. (2011). Nanoteknoloji nedir. *Turkish Medical Journal*, 5(1), 45-49.
- Türker, H. H. (2009). *Kuvvet kavramına yönelik 5E öğrenme döngüsü modelinin anlamlı öğrenmeye etkisinin incelenmesi* (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

- Türkmen, M., & Mutlutürk, N. (2014). Spor malzemelerinde nano-teknoloji kullanımı ve performansa katkısı. *International Journal of Social Science Research*.(4), 3, 1-10.
- Tüylek, Z. (2016). Küçük şeylerin hikâyesi: Nanomalzeme. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 130-141.
- Tüylek, Z. (2017). Biyosensörler ve nanoteknolojik etkileşim. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 71-80.
- Ueda, J., Shirase, K., Matsumoto, Y., Oda, S., & Ogasawa, T. (2004, November). Momentum compensation for fast dynamic walking of humanoids based on pelvic rotation of contact sport athletes. *In 4th IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots, 2004*. (Vol. 2, pp. 592-607). IEEE.
- Vergnes, J. N., Marchal-Sixou, C., Nabet, C., Maret, D., & Hamel, O. (2010). Ethics in systematic reviews. *Journal of medical ethics*, 36(12), 771-774.
- Vuillerme, N., Nougier, V., Attentional Demand for Regulating Postural Sway: **The Effect of Expertise in Gymnastics**, *Brain Research Bulletin*, 63(2);161–5, 2004.
- Wang, P., & Wang, J. Y. (2014). Development and application of nanotechnology in sports. *Advanced Materials Research*, 918, 54-58.
- White, C. (2010). *Projectile dynamics in sport: principles and applications*. Routledge. ss.3-281.
- Wiggins-James, N., James, R., and Thompson, G. (2005). **AS PE for aqua. Chine: Harcourt Education Limited.**
- Williams, K. R. (1977). *A biomechanical model of individual muscle forces involved in elbow flexion*. University of Calif., Davis.
- Worsfold, P., & McClymont, D. (2014). Biomechanics of Rugby. *In The science of Rugby* (pp. 201-218). Routledge.

- Wu, J. (2011). Development and design of performance swimwear. In Functional Textiles for Improved Performance, **Protection and Health** (pp. 226-248). Woodhead Publishing.
- Yang, S., Zhao, W., Tolochko, O., & Larionova, T. (2024). The Preparation of a Low-Cost, Structurally Simple Triboelectric Nanogenerator Based on Fullerene Carbon Soot-Doped Polydimethylsiloxane Composite Film. **Materials**, 17.
- Yapıcı, A. K., & Ersöz, A. (2003). Modern Olimpiyat Oyunlarında Atletizm Rekorlarını Hazırlayan Faktörler. **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, (8).
- Yılmaz, K. (2021). Sosyal bilimlerde ve eğitim bilimlerinde sistematik derleme, meta değerlendirme ve bibliyometrik analizler. **Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi**, 10(2), 1457-1490.
- Yoncalık, O. ve Gündoğdu, C. (2007). Sporda bağımsız bir sorun olarak doping. **Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi**, 6 (1), 128-134.
- Yüksel, Y. (2014). *Üniversite tenis oyuncularında tenis performansını etkileyen bazı biyomotorik özelliklerin incelenmesi* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Zhang, X.L. (2021). A clover shaped triboelectric nanogenerator for self-powered grip strength test system. **Materials Technology**, 37, 1611 - 1616.
- Zheng, Y., Liu, T., Wu, J., Xu, T., Wang, X., Han, X., Cui, H., Xu, X., Pan, C., & Li, X. (2022). Energy Conversion Analysis of Multilayered Triboelectric Nanogenerators for Synergistic Rain and Solar Energy Harvesting. **Advanced Materials**, 34.
- Zsarnoczky-Dulhazy, F., Hegedus, A., Soldos, P., Trzaskoma, L., & Kopper, B. (2022). Effect of sports background on the visual and vestibular signal processing abilities of athletes. **Science & Sports**, 37(8), 798-e1.

İTER KAYNAKLARI

<http://www.jstor.org/stable/43746872>

https://cdn.evrimagaci.org/9j3UH95ty_uj9XAPZUeRKtlq4w=/storage.evrimagaci.org/%2Fold%2Fcontent_media%2F49df4d2d2b382e7dc0409f0eefc87863.jpg

<https://nanoturkiye.blogspot.com/2008/08/karbon-nanotupler-ayakkabida.html>

<https://tr.euronews.com/2019/02/23/sporcunun-yirtilan-ayakkabisi-nike-a-1-1-milyar-dolara-mal-oldu>

<https://www.acsmaterial.com/blog-detail/how-are-graphene-and-sports-gear-related.html>

<https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/fullerene-c60-molecular-structure-gm160525181-22782623>

<https://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=30661.php>

<https://www.sanatinoykusu.com/leonardo-da-vinci/>