

Erkek ve Kadın Hentbolcularda Maç Sırasındaki Oyuncu Yükü ve Yüksek Şiddetli Aktivitelerin Oyuncu Pozisyonlarına Göre Karşılaştırılması

Celal GENÇOĞLU*, Hikmet GÜMÜŞ**, Egemen MANCI***, Fırat ÖZDALYAN****,

Sercin KOSOVA*****

Öz

Amaç: Kısa süreli yüksek şiddetli aktiviteler içeren hentbolda fiziksel ve fizyolojik özellikler ile atış hızı parametrelerinde cinsiyet farkı açıkça gösterilmiştir. Bu tür performans parametreleri dışında bransa ait gerçek zamanlı maç verisi elde etmek metodolojik kısıtlılıklar içermektedir. Ancak, son dönemde giyilebilir teknolojilerle kapalı alan takım sporlarında oyuncu yükünü daha detaylı incelemek mümkündür. Bu çalışmanın amacı hentbolda maç sırasında oyuncu yükünü kadın ve erkek oyunculara pozisyonlara göre karşılaştırmaktır.

Yöntem: Çalışmaya hazırlık turnuvasına katılan 2 erkek ve 2 kadın toplam 4 Türkiye Hentbol Süper Lig takımından 42 saha oyuncusu (20 kadın ve 22 erkek) gönüllü olarak katılmıştır. Kaleciler ve toplam oyun süresi 10 dakikanın altında kalan saha oyuncuları analize dahil edilmemiştir. Müsabaka öncesi kişiye tanımlanmış İnersiyal Ölçüm Ünitesi (IMU) sensörleri (OptimEye S5, Catapult Sports, Avustralya) firmanın özel yekeği ile üst gövde arkasına sabitlenmiş ve kalp atım hızı monitörizasyonu için göğüs bandı (Polar T31 Coded, Finlandiya) takılmıştır. Toplanan verilerde sporcu değişimi (yedek bankında geçen süre) ve oyun duraksamaları (aktif oyun süresi) firmanın yazılımıyla (OpenField, Catapult Sports, Avustralya) işaretlenerek filtrelenmiştir.

Bulgular: Her iki cinsiyet için aktif oyun süreleri benzer olmasına rağmen oyuncu yükü ve kalp atım hızı yanıtları arasında anlamlı fark bulunmuştur. Kadın hentbolcularda toplam oyuncu yükü ve ortalama oyuncu

Özgün Araştırma Makalesi (Original Research Article)

Geliş / Received: 16.12.2021 & **Kabul / Accepted:** 09.08.2022

DOI: <https://doi.org/10.38079/igusabder.1037354>

* Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Necat Hepkon Spor Bilimleri Fakültesi, İzmir, Türkiye.

E-posta: celal.gencoglu@deu.edu.tr [ORCID https://orcid.org/0000-0001-5568-133](https://orcid.org/0000-0001-5568-133)

** Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Necat Hepkon Spor Bilimleri Fakültesi, İzmir, Türkiye.

E-posta: hikmet.gumus@deu.edu.tr [ORCID https://orcid.org/0000-0001-7671-4868](https://orcid.org/0000-0001-7671-4868)

*** Sorumlu Araştırmacı, Arş. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Necat Hepkon Spor Bilimleri Fakültesi, İzmir, Türkiye.

E-posta: egemen.manci@deu.edu.tr [ORCID https://orcid.org/0000-0001-8965-4884](https://orcid.org/0000-0001-8965-4884)

**** Öğr. Gör., Dokuz Eylül Üniversitesi, Necat Hepkon Spor Bilimleri Fakültesi, İzmir, Türkiye.

E-posta: fiyat.ozdalyan@deu.edu.tr [ORCID https://orcid.org/0000-0003-3577-0235](https://orcid.org/0000-0003-3577-0235)

***** Arş. Gör. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Necat Hepkon Spor Bilimleri Fakültesi, İzmir, Türkiye.

E-posta: sercin.kosova@deu.edu.tr [ORCID https://orcid.org/0000-0003-1005-3387](https://orcid.org/0000-0003-1005-3387)

ETİK BİLDİRİM: Araştırma öncesinde Dokuz Eylül Üniversitesi Etik Kurul Komitesi'nden izin alınmıştır (22.05.2019 tarih ve karar no: 2019/13-54). Gönüllülere çalışma hakkında sözlü bilgilendirme yapılmış ve yazılı onam formları alınmıştır.

yükü erkekler için daha yüksek iken erkek hentbolcularda pik oyuncu yükü istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur (265.50 ± 93.06 PL total, 255.80 ± 81.59 PL total; 8.30 ± 1.27 PL/dak, 8.07 ± 1.64 PL/dak). Benzer olarak oyuncu yükü yoğunluk bölgelerinde erkekler kadınlara göre düşük seviye bölgelerde daha az, yüksek seviye bölgelerde daha çok oyuncu yükü eforu göstermiştir. İç yük yanıtları kadın hentbolcuların kalp atım hızı tükenme parametresinde erkekler için anlamlı yüksek bulunmuştur.

Sonuç: Bu araştırma bulguları hentbol branşındaki çoğu anahtar performans belirteçlerindeki cinsiyet farkının maç sırasında oyuncu yükünde de literatürle uyumlu olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Ancak, daha yüksek sayıda maçın dahil edildiği ve rekabetin daha yüksek olduğu lig düzeyindeki maçlardan toplanacak verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Hentbol, atletik performans, kalp hızı, inersiyal ölçüm sensörü.

Position-Specific Comparison of the Player Loads and High-Intensity Events During Match in Male and Female Handball Players

Abstract

Aim: In handball, which demands short-term high-intensity activities, gender differences have been clearly shown in physical and physiological characteristics and throwing velocity parameters. There are limitations in gathering real-time handball specific match data except for these types of performance parameters. However, recently, a more detailed examination of the player load in indoor team sports is possible with wearable technologies. This study aims to compare the position-specific player loads of male and female players during the handball match.

Method: The forty-two field players (20 female and 22 male) from four different Turkish Handball Super League teams (2 male's and 2 female's teams) that played in a friendly tournament voluntarily participated in this study. Goalkeepers and field players whose total playing time is less than 10 minutes were not included in the analysis. Before the games, all players suited up a manufacturer-made vest that included Inertial Measurement Unit (IMU) sensors (OptimEye S5, Catapult Sports, Australia) at the posterior side of the upper trunk and also wore a compatible chest band (Polar T31 Coded, Finland) for the monitoring heart rate. In the gathered data, player substitutions (time spent on the bench) and game pauses (active playing time) were filtered by marking with the manufacturer's software (OpenField, Catapult Sports, Australia).

Results: Although active playtimes were found to be similar for both genders, there was a significant difference between player load and heart rate responses. Total player load and average player load were higher in female handball players, while peak player load was statistically higher in male handball players (265.50 ± 93.06 PLtotal, 255.80 ± 81.59 PLtotal; 8.30 ± 1.27 PL/min, 8.07 ± 1.64 PL/min, respectively). Similarly, in player load density zones, male players showed less player load effort in low-level zones and more player load effort in high-level zones than females. Internal load responses were found to be significantly higher in the heart rate exhaustion parameter of female handball players in comparison to men.

Conclusion: In line with the literature, these research findings showed that the gender difference in most of the key performance indicators in handball showed significant differences in player load during the match.

However, further studies are required to gather data from more competitive league-level matches where a higher number of matches are included.

Keywords: Handball, athletic performance, heart rate, inertial measurement sensor.

Giriş

Olimpik bir spor branşı olan hentbol atış ve blok amaçlı sıçramalar, rakibi geçebilmek için aldatma adı verilen yön değiştirmeler, savunmada rakibi durdururken vücut teması ve kale atışlarındaki top fırlatma gibi tekrarlayan aksiyonlar nedeniyle yüksek seviyede fiziksel efor ve fizyolojik yük gerektirmektedir. Hentbolcularda performans, maç içi lokomotor ve teknik hareketleri yüksek güç çıktısı üretebilme becerisinin yanında yüksek bir koordinasyon ile uygulamaya bağlıdır¹. Erkek sporcuların kadınlara göre fiziksel üstünlükleri ve biyolojik avantajları etkin enerjetik kapasite, yüksek kuvvet ve güç üretme becerisi gibi cinsiyet farkı fenomenine yol açtığı bilinmektedir^{2,3}. Önemli performans bileşenlerinden antropometrik farkları (daha uzun boy, vücut ağırlığı ve kas kütlesi farkı) ve benzer atış kinematiğine karşın atış hızı & kuvveti üstünlüğü kadın ve erkek hentbolcularda gösterilmiştir^{4,5}. Bununla birlikte sakatlık riski açısından değerlendirildiğinde kadın hentbolcularda erkeklere göre omuz sakatlığı prevalansı daha yüksektir⁶. Kadın ve erkek hentbolcularda kalp hızı ve rölatif iş yükü yanıtları farkı dolaylı olarak gösterilmiştir^{7,8}. Michalsik ve Aagaard⁸ kadın hentbolcularda maçta kat edilen toplam mesafenin erkek hentbolculara göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun yanında, kadınlarda erkek hentbolculara göre daha yüksek iş yükü ölçülürken, maçta ortalama daha az yüksek yoğunluklu koşu ve daha az aktivite değişikliği gerçekleştirmiştir. Ek olarak hentbolda, erkek oyuncuların kadınlara kıyasla daha sık savunma müdahalesi yaptığı ve ayrıca maç içinde daha fazla yüksek yoğunluklu teknik aktivite gerçekleştirdiği görülmüştür⁸. Ancak bu araştırma video tabanlı hareket izleme ve takip yöntemi ile yapılmıştır. Kapalı saha takım sporlarında video analizle branşa ait gerçek zamanlı maç verisi elde etmekte yaşanan metodolojik kısıtlılıklar son dönemde giyilebilir teknoloji gelişmeleri sayesinde aşılabilmektedir. Kullanımı yeni yaygınlaşan İnersiyal Ölçüm Ünitesi (IMU) sensör verileri ve Lokal Pozisyon Sensörü (LPS) takip sistemleri maç gereksinimlerini ve hareket paternlerini daha iyi anlamaya yardımcı olabilmektedir. Literatürde kadın hentbolcularda IMU sensörleri ile iş yükü ve yüksek şiddetli aktiviteleri gösteren son dönem araştırmalar mevcut olmasına karşın^{9,10}, maç sırasında takip edilen saha içi verilerde cinsiyet farkını gösteren araştırmalar kısıtlıdır. Bu çalışmanın amacı hentbolda maç sırasında oyuncu yükünü kadın ve erkek oyuncularında karşılaştırmak ve oyuncu pozisyonlarına göre fark olup olmadığını araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem

Araştırmaya 2 erkek ve 2 kadın toplam 4 Türkiye Hentbol Süper Lig takımından 42 saha oyuncusu (20 kadın ve 22 erkek) gönüllü olarak katılmıştır. Araştırma öncesinde Dokuz Eylül Üniversitesi Etik Kurul Komitesinden izin alınmıştır (22.05.2019 tarih ve karar no: 2019/13-54). Gönüllülere çalışma hakkında sözlü bilgilendirme yapılmış ve yazılı onam formları alınmıştır. Araştırma verileri federasyon tarafından onaylanan resmi bir hazırlık turnuvasında oynanan maçlarda toplanmıştır. Müsabaka öncesi kişiye tanımlanmış IMU sensörleri (OptimEye S5, Catapult Sports, Avustralya), firmanın özel yeleği ile üst gövde arkasına sabitlenmiş ve kalp atım hızı monitörizasyonu için göğüs bandı (Polar T31 Coded, Finlandiya) takılmıştır. Toplanan verilerde sporcu değişimi (yedek bankında geçen süre) ve oyun duraksamaları (aktif oyun süresi) firmanın yazılımıyla (OpenField, Catapult Sports, Avustralya) işaretlenerek filtrelenmiştir. Müsabakadaki toplam oyun süresi >10 dakika olan oyuncular ve kaleciler analize dahil edilmemiştir. Oyuncu yükü IMU sensör ile elde edilen vücut ağırlık merkezinin 3 eksenindeki değişim verisinden aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [Wik].

$$PlayerLoad^{TM} = \sqrt{\frac{(a_x - a_{x-1})^2 + (a_y - a_{y-1})^2 + (a_z - a_{z-1})^2}{100}}$$

Tekrarlanan yüksek şiddetli aktivite sırasında elde edilen en yüksek kalp hızı (HR) maksimum kalp hızı (KAH_{maks}) olarak kabul edilmiş ve KAH bölgeleri Corvino ve ark. (2016) göre KAH_{maks} < %50, %50-70, %70-90 ve > %90'ı olarak kabul edilmiştir¹¹. Oyuncu yükü bölgeleri ise firma yazılımının belirlediği ivmelenme aralıklarına göre 4 bölgeye ayrılmıştır.

Veri analizi SPSS yazılımı (IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY) kullanılarak yapılmıştır. Veriler ortalama (\pm) ve standart sapma (SD) olarak sunulmuştur. Bu çalışmada toplanan veriler normal dağılıma uymadığı için kadın ve erkek hentbolcularda değişkenlerin karşılaştırılmasında non-parametrik Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Anlamlılık seviyesi p<0.05 olarak belirlenmiştir.

Bulgular

Maçlara katılan 42 hentbolcudan toplam 59 bireysel maç verisi toplanmıştır. Oyun kurucu, kanat ve pivot pozisyonlarından kadın ve erkek hentbolcularda iç yük ve dış yük parametrelerine ait tanımlayıcı veriler Tablo 1'de ortalama ve standart sapma olarak sunulmuştur.

Tablo 1. Pozisyon ve cinsiyete göre tüm parametrelerin tanımlayıcı verileri

	Kadınlar			Erkekler		
	Oyun kurucu (n=18)	Kanat (n=8)	Pivot (n=4)	Oyun kurucu (n=14)	Kanat (n=9)	Pivot (n=6)
Oyun Süresi (dakika)	34.31±14.08	30.80±10.66	29.85±10.52	37.09±11.68	34.05±9.77	21.75±7.42
KAH _{maks} (atm/dak)	198.67±9.50	201.63±6.39	196.00±16.06	194.21±13.59	189.78±10.20	191.00±8.37
KAH _{ort} (atm/dak)	167.65±8.69	172.46±7.26	171.95±7.52	168.19±6.61	157.93±10.07	165.16±3.93
KAH 1.bölge süresi (%)	0.50±0.93	0.84±1.75	0.01±0.01	1.10±2.19	1.10±0.89	0.14±0.18
KAH 2. bölge süresi (%)	4.74±3.53	5.27±3.45	5.27±4.04	14.16±11.79	38.96±21.38	14.30±7.50
KAH 3. bölge süresi (%)	68.20±20.62	59.79±24.07	75.87±29.41	78.97±14.13	59.92±22.05	81.68±6.96
KAH 4. bölge süresi (%)	26.55±23.04	34.06±27.80	18.87±32.32	5.80±14.00	0.05±0.15	3.90±9.29
KAH _{efor}	2828.72±1169.27	2559.37±864.85	2440.50±900.71	2897.41±885.49	2523.58±691.11	1696.68±560.84
Oyuncu yükü _{zirve}	4.47±0.91	4.42±0.69	4.22±0.65	5.73±1.49	6.13±1.23	5.84±1.05
Oyuncu yükü _{dakika}	8.00±1.40	8.79±1.06	8.70±0.82	7.72±1.65	7.75±1.59	9.37±1.18
Oyuncu yükü _{toplam}	267.29±102.38	266.52±88.70	255.38±76.22	277.00±83.88	258.36±74.82	202.51±73.13
Oyuncu yükü 1.bölge	119.72±51.05	84.88±31.24	99.00±33.17	122.57±34.09	87.22±23.37	70.33±26.64
Oyuncu yükü 2.bölge	119.06±51.50	134.00±46.48	130.25±37.66	108.21±41.25	113.56±32.62	86.50±25.56
Oyuncu yükü 3.bölge	23.00±14.76	39.75±19.13	21.00±17.45	30.57±13.43	47.22±25.93	35.83±20.49
Oyuncu yükü 4. bölge	3.50±2.73	5.50±4.17	3.00±2.45	10.00±6.04	6.33±4.95	5.00±3.16

Kadın hentbolcularda oyun süresi benzer olmasına rağmen maç sırasındaki iç yük yanıtında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmüştür. KAH_{maks} ve KAH_{ort} kadın hentbolcularda erkeklere göre daha yüksek iken, KAH 2. bölge ve KAH 4. bölge süresi kadınlarda istatistiksel olarak anlamlı daha düşüktür (Tablo 2). Tablo 2’de sunulduğu üzere, Oyuncu yükü_{toplam} ve Oyuncu yükü_{dakika} her iki cinsiyette benzer olmasına karşın, Oyuncu yükü_{zirve} ile Oyuncu yükü 3. bölge ve Oyuncu yükü 4. bölge değerleri erkeklerde kadın hentbolculara göre istatistiksel olarak anlamlı seviyede yüksek bulunmuştur.

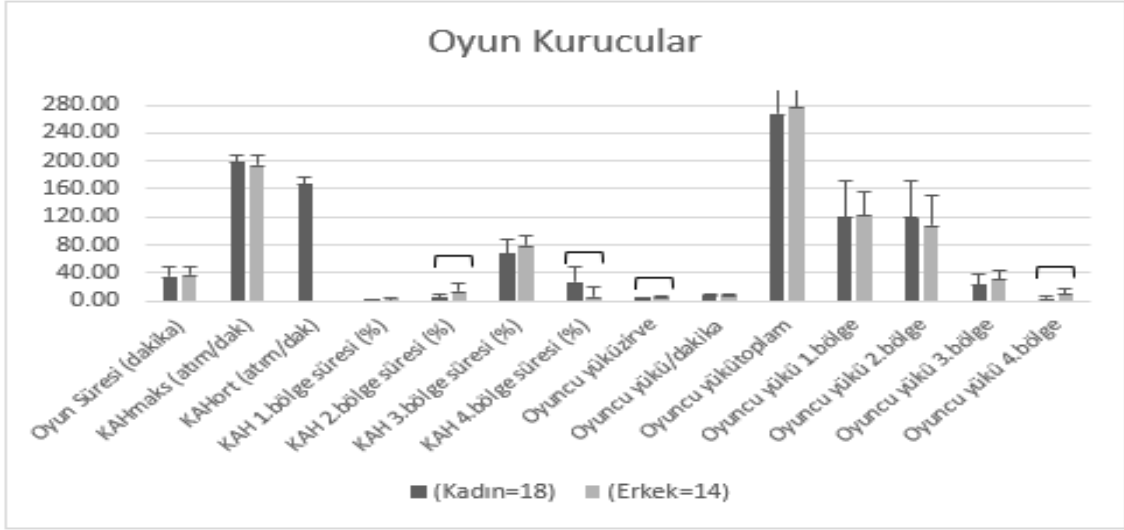
Tablo 2. Hentbolda maç sırasında elde edilen iç ve dış yük yanıtları ve cinsiyet karşılaştırılması

	Kadınlar (n=30)		Erkekler (n=29)	
	Ortalama (±)	Standart Sapma (SD)	Ortalama (±)	Standart Sapma (SD)
Oyun Süresi (dakika)	32.78	12.60	32.97	11.67
KAH _{maks} (atım/dak)	199.10 *	9.63	192.17	11.50
KAH _{ort} (atım/dak)	169.51 *	8.26	164.38	8.53
KAH 1. bölge süresi (%)	0.52	1.15	0.90	1.62
KAH 2. bölge süresi (%)	4.95 **	3.45	21.89	18.47
KAH 3. bölge süresi (%)	66.98	22.47	73.62	18.14
KAH 4. bölge süresi (%)	27.53 **	25.07	3.62	10.63
KAH _{efor}	2705.13	1044.48	2532.97	879.19
Oyuncu yükü _{zirve}	4.42	0.81	8.07 **	1.64
Oyuncu yükü _{dakika}	8.30	1.28	8.07	1.64
Oyuncu yükü _{toplam}	265.50	93.06	255.80	81.59
Oyuncu yükü 1. bölge	107.67	46.05	100.79	36.30
Oyuncu yükü 2. bölge	124.53	47.65	105.38	36.23
Oyuncu yükü 3. bölge	27.20	17.53	36.83 *	20.13
Oyuncu yükü 4. bölge	3.97	3.18	7.83 **	5.52

* Anlamlılık seviyesi $p < 0.05$; ** Anlamlılık seviyesi $p < 0.001$

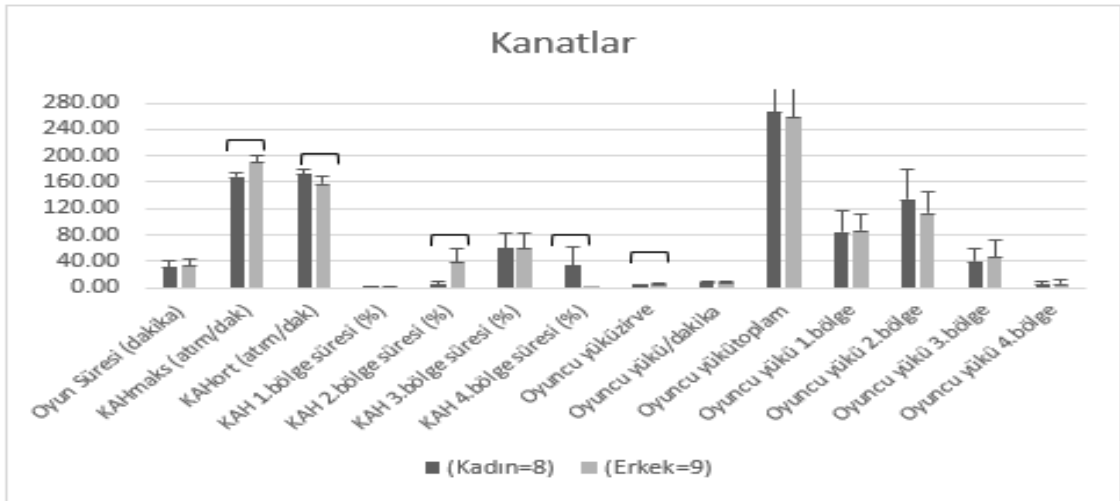
Oyuncu pozisyonları (oyun kurucu, kanat ve pivot) göz önüne alınarak cinsiyetler arası maç içi parametreler karşılaştırıldığında pivotlar dışında oyuncu bölgelerine göre farklılıklar görülmüştür. Oyun kurucularda oyun süresi ve KAH_{maks} benzer olmasına rağmen KAH 2. bölge ve KAH 4. bölge süreleri ile Oyuncu yükü_{zirve} ve Oyuncu yükü 4. bölge değerleri istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur (Şekil 1).

Şekil 1. Hentbolda oyun kurucu pozisyonuna göre maç içi KAH ve oyuncu yükü parametrelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması



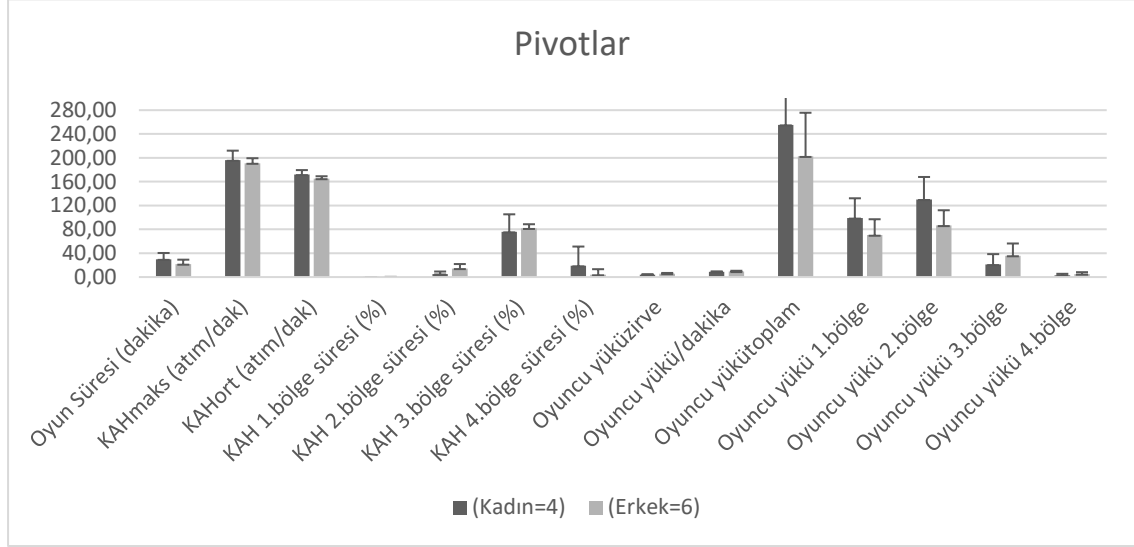
Kanat pozisyonundaki erkek hentbolcularda Oyuncu yüküzirve ve HR_{maks} kadınlara göre anlamlı olarak daha yüksek ancak KAH_{ort} daha düşüktür (Şekil 2). Ek olarak, KAH 2. bölge süresi kadınlara göre erkek hentbolcularda istatistiksel olarak anlamlı ölçüde yüksek ancak KAH 4. bölge süresi daha düşüktür (Şekil 2).

Şekil 2. Hentbolda kanat pozisyonundaki oyunculara maç içi KAH ve oyuncu yükü parametrelerinin cinsiyete göre karşılaştırılması



Şekil 3'te gösterildiği gibi pivot pozisyonundaki kadın ve erkek hentbolcular arasında maç sırasında ölçülen iç ve dış yük yanıtları arasında anlamlı bir fark görülmemiştir.

Şekil 3. Hentbolda kadın ve erkek pivotların maç içi KAH ve oyuncu yükü parametrelerinin karşılaştırılması



Tartışma

Bu çalışmada kadın ve erkek hentbolcularda maç sırasında inersiyal sensör teknolojisiyle ölçülen iç ve dış yük parametreleri karşılaştırılmış ve oyuncu pozisyonlarına göre farklılıklar incelenmiştir. Araştırma sonuçları maçta benzer süre sahada kalmalarına rağmen kadın hentbolcuların iç yük yanıtlarının erkek hentbolculara göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuş ancak, oyuncu yükü parametresinin erkek hentbolcularda kadın hentbolculara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bununla beraber hentbolda maç içi yükün pivot bölgesi dışında diğer oyuncu pozisyonlarında cinsiyete göre anlamlı farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu araştırmanın en önemli bulgusu erkek ve kadın hentbolcularda maç sırasında elde edilen iç ve dış yük parametrelerini farkının oyuncu pozisyonlarına göre değişmesidir. Literatürde akselerometre ile oyuncu yüklerinin belirlendiği araştırmalar olsa da genellikle erkek ve kadın hentbolcular karşılaştırılmamıştır⁹.

Bu çalışmada, kadın hentbolcularda iç yük yanıtı olarak kalp hızları erkek hentbolculara göre daha yüksek bulunmuş, sahada ortaya koyulan fiziksel eforda ise erkeklerin daha yüksek oyuncu yükü altında oldukları belirlenmiştir. Bu araştırmada maç sırasında elde edilen kalp hızı yanıtları geçmiş araştırma bulgularına uyumludur. Literatürde maç süresinin yarısında bireysel maksimal kalp atım hızının yaklaşık %80'inde efor sarf edilmesi hentboldaki yoğun fizyolojik yük göstergesi olarak kabul edilebilir¹². Maç sırasında kadın hentbolcuların erkeklere göre yüksek fizyolojik efor çıktısı Michalsik ve arkadaşlarının bulgularıyla uyumludur¹³. Kadın hentbolcuların maçta ortaya koyduğu iş yükü (%VO₂ max) erkeklere göre anlamlı olarak daha yüksek çıkmıştır⁸. Maç sırasında

oyuncu yükü için erkek hentbolcuların ulaştığı zirve değer ve yoğun seviye bölgelerindeki fark kadınlara göre daha fiziksel, kuvvete dayalı bir oyun oynandığını göstermektedir. Bu bulgu kadın ve erkek hentbolcularda belirlenmiş antropometrik farklılıklar nedeniyle oyuncu yükündeki cinsiyetler arası fark oluşmasıyla açıklanabilir^{8,14,15}.

Hentbolda erkek maçlarındaki oyunun daha şiddetli olduğunu işaret eden önceki bir araştırmada Michalsik ve Aagaard hentbolda video analiz yöntemiyle yaptığı çalışmasında toplam koşu mesafesini oyun kurucular dışında pivot ve kanat oyuncularını için kadınlarda erkeklere göre anlamlı daha yüksek bulmuştur⁸. Buna karşın yüksek şiddetli koşu mesafesinin toplam mesafedeki yüzdesi üç pozisyonda da erkeklerde daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen erkek hentbolcuların kadınlara göre daha yüksek oyuncu yükü değeri, literatürdeki Michalsik ve Aagaard çalışmasındaki hücum ve savunmadaki teknik parametreler ve aksiyonlardaki farkın incelendiği araştırma bulgularına paralel bulunmuştur⁸. Michalsik ve arkadaşları kadınların erkeklere göre daha az sayıda hızlı hücum golü bulduğunu ve daha az sayıda kolay ve zorlu savunma mücadelesine girdiklerini göstermiştir¹. Hentbolda kurallar tamamen aynı olsa da fiziksel farkların dışında oyunun teknik çıktıları da hentbolcuların ortaya koyduğu iç ve dış yük farklarını açıklamaya yaradığı düşünülmektedir.

Benzer olarak, IMU kullanılarak maç sırasında elde edilen yüksek şiddetli aktiviteleri ölçen bir araştırmada kadın hentbolcularda pozisyonlar arası fark olduğu gösterilmiştir¹⁶. Yakın dönemde hentbolda IMU sensör kullanılarak maç içinde oyuncu yükü tespit etmeyi amaçlayan bir araştırmada kadın hentbolcularda toplam oyuncu yükü ve oyun süresinde dakikadaki oyuncu yükü değerleri bu araştırma bulgularına göre daha yüksek bulunmuştur¹⁷. Bu farkın sebebi araştırmada veri toplanan maçlarda oyuncu sürelerinin ve oyundaki temponun taktiksel farklılıklar ya da maç kazanma ve kaybetme durumuna göre antrenörler tarafından manipüle edilmesi olabilir. Ayrıca, veri toplanan hentbol maçlarının ulusal lig seviyesinin farkı oyuncu yükündeki sonuçları etkilemiş olabilir.

Kapalı spor salonlarında Küresel Konumlama Sistemi (GPS) ile veri toplamak mümkün değilse de LPS sistemiyle oyuncu takibi ve aktivite analizi mümkün olabilmektedir¹⁸⁻²⁰. Bir diğer yöntem ise Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) yöntemi ile kapalı alanda sporcuların ve topun takibini yapan sistemlerdir ancak maliyeti yüksek olan bu yöntem henüz hentbolda yaygınlaşmamıştır²¹. Bu nedenle hentbolda sıklıkla video ile görüntü analizi kullanılan yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç

Bu araştırma kadın ve erkek hentbolcuların maçta ürettikleri fizyolojik ve oyuncu yükleri IMU sensör teknolojisiyle karşılaştıran tek çalışmadır. Hentbolda IMU sensörleri kapalı alanda sporcu ivmelenme ve yön değişmelerini tespit ederek lokomasyon türü aktivite görüntülenmesine gerek olmadan oyuncu yükü hakkında bilgi sağlayabilir. Ancak, giyilebilir teknolojinin hentbolda

kullanımında savunma temasları ya da atış sonrası düşme ve çarpmalar bu sensörlerin sakatlıklara sebep olabileceği endişesi bu sensörle maç sırasında veri alınımının güçlüğü olarak öne çıkmaktadır. Buna karşın yine de antrenörler bazı maçlarda ya da hazırlık maçlarında bu yöntemi kullanarak oyuncu yüklerini belirleyebilir, daha iyi bir yıllık planlama veya akut ve kronik oyuncu yüküne göre şiddet hesaplaması toparlanma planlaması yapabilir. Böylece sakatlık riskini azaltmanın yanında bireysel yük belirlenmesiyle sporcu gelişimi dolayısıyla takım başarısı için de önemli bir bileşen olarak kullanılabilirdiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Michalsik LB. On-court physical demands and physiological aspects in elite team handball. *Handball Sports Medicine*. 2018;15-33.
2. Hegge AM, Myhre K, Welde B, Holmberg HC, Sandbakk Ø. Are gender differences in upper-body power generated by elite cross-country skiers augmented by increasing the intensity of exercise? *PLoS One*. 2015;10(5):e0127509.
3. Handelsman DJ. Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clinical Endocrinology*. 2017;87(1):68-72.
4. Van den Tillaar R, Ettema G. Effect of body size and gender in overarm throwing performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2004;91(4):413-418.
5. Van Den Tillaar R, Cabri JM. Gender differences in the kinematics and ball velocity of overarm throwing in elite team handball players. *Journal of Sports Sciences*. 2012;30(8):807-813. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.671529>.
6. Asker M, Holm LW, Källberg H, Waldén M, Skillgate E. Female adolescent elite handball players are more susceptible to shoulder problems than their male counterparts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2018;26(7):1892-1900.
7. Michalsik L, Madsen K, Aagaard P. Match performance and physiological capacity of female elite team handball players. *International Journal of Sports Medicine*. 2014;35(7):595-607..
8. Michalsik LB, Aagaard P. Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2015;55(9):878-891.

9. Wik EH, Luteberget LS, Spencer M. Activity profiles in international women's team handball using PlayerLoad. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2017;12(7):934-942.
10. Gümüş H, Gençoğlu C. Playerloadtm and heart rate response to small-sided games specialized to additional field player rule in handball. *Человек Спорт Медицина*. 2020;20(1).
11. Corvino M, Vuleta D, Šibila M. Analysis of load and players' effort in 4 vs 4 small-sided handball games in relation to court dimensions. *Kinesiology*. 2016;48(2):213-222.
12. Bělka J, Hůlka K, Šafář M, Weisser R. External and an internal load of playing positions of elite female handball players (U19) during competitive matches. *Acta Gymnica*. 2016;46(1):12-20.
13. Michalsik LB, Madsen K, Aagaard P. Physiological capacity and physical testing in male elite team handball. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2015;55(5):415-29.
14. Ortega-Becerra M, Pareja-Blanco F. Sex and standard levels differences in anthropometric and physical fitness characteristics in youth handball players: Handball players gender and playing level. *Kinesiology*. 2020;52(2):232-241.
15. Ademaj F, Lenjanu N, Koleci A, Abazi L. Gender differences in antropometric measures of handball players classified in the competition category cadets. *Research in Physical Education, Sport & Health*. 2018;7(2).
16. Luteberget LS, Spencer M. High-intensity events in international women's team handball matches. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2017;12(1):56-61.
17. Kniubaite A, Skarbalius A, Clemente FM, Conte D. Quantification of external and internal match loads in elite female team handball. *Biology of Sport*. 2019;36(4):311.
[https://doi.org/ 10.5114/biolsport.2019.88753](https://doi.org/10.5114/biolsport.2019.88753).
18. Luteberget LS, Spencer M, Gilgien M. Validity of the Catapult ClearSky T6 local positioning system for team sports specific drills, in indoor conditions. *Frontiers in Physiology*. 2018;9:115. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00115>.
19. Manchado C, Pueo B, Chiroso-Rios LJ, Tortosa-Martínez J. Time–motion analysis by playing positions of male handball players during the European championship 2020. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(6):2787.

20. Manchado C, Tortosa Martínez J, Pueo B, et al. High-performance handball player's time-motion analysis by playing positions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(18):6768.
21. Fleureau A, Lacombe M, Buchheit M, Couturier A, Rabita G. Validity of an ultra-wideband local positioning system to assess specific movements in handball. *Biology of Sport*. 2020;37(4):351.