

KÜREKÇİLERİN KÜREK ERGOMETRESİNDE 2000 M KÜREK ÇEKİŞLERİNİN 3 BOYUTLU BİYOMEKANİKSEL ANALİZİ

Faruk ÇELİKEL¹, Bergün MERİÇ Bingül¹, Menşure AYDIN¹, Çiğdem BULGAN²

¹Kocaeli Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Kocaeli,
²Haliç Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, İstanbul

Geliş Tarihi: 28.11.2016
Kabul Tarihi: 25.07.2017

Özet: Araştırmanın amacı, 2000m kürek çekişinin farklı mesafelerinde (500m, 1000m, 1500m ve 2000m) kürek çekiş tekniğinin temel özelliklerinin tespit edilmesidir. Araştırmamıza yaş ortalaması 20,90±1,5yıl; boy ortalamaları 184,50±5,9cm ve ağırlık ortalamaları 79,40±9,05kg olan 10 erkek kürek sporcusu katılmıştır. Deneklerin 2000 m kürek çekiş performansları Concept 2D ergometresinde hızı 100 hz olan iki adet Basler marka video kamera ile kaydedilerek, 500, 1000, 1500 ve 2000 metrelik çekiş sonundaki bir kürek devri, SIMI Motion Reality Sistem versiyon 8.5.7 hareket analiz programında analiz edilmiştir. Yakalama ve bitiş fazlarında segmetlerin açısı, açılma hızı, açılma ivmeleri, kürek çekiş zamanı, çekiş gücü, çekiş hızı ve çekiş temposu verileri SPSS 20.0 programı kullanılarak istatistikleri yapılmıştır. Performanslar arasında elde edilen farklılıklar tek yönlü varyans analizi, performans ve kinematik parametreler arasındaki ilişkiler Pearson Korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Diz açısında, yakalama fazında anlamlı farklılıklar bulunurken ($p < 0.05$); çekiş hızının her mesafesinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ve bu farklılık mesafeye bağlı kademeli bir artış göstermiştir ($p < 0.05$). Sonuç olarak, çekiş anından tekneyi hızlandıran önemli hareketler, yoğun şekilde vücudun üst ekstremitelerinde gerçekleşiyor-muş gibi gözükse de alt ekstremitelerin yarattığı bir zincir hareketinin olduğu unutulmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kürek, Kinematik, Kinetik, Concept

THREE-DIMENSIONAL BIOMECHANIC ANALYSIS DURING A 2000M ROWING ERGOMETER TIME TRIAL

Abstract: The aim of this study was to determine the fundamental characteristics of 2000m rowing technique in different distances (500m, 1000m, 1500m and 2000m). Ten elite rowers (age mean 20,90±1,5yrs; mean height 184,50±5,9cm; mean weight 79,40±9,05kg; mean training year 6,85±2,49yrs) were participated to this study. 2000m rowing techniques on Concept 2D ergometer was recorded by 2 high speed (100hz) Basler cameras and 500, 1000, 1500 and 2000m one circle of the rowing techniques were analyzed by using SIMI Motion Reality System Version 8.5.7. In catching and finishing phases segments' angles, angular velocity, angular acceleration, stroke time, stroke power, stroke velocity and stroke rate were evaluated by SPSS 20.0 program. The differences between the performances were analyzed by one way ANOVA, the relationships between performance and kinematic parameters were evaluated by Pearson Correlation analysis. Significant differences were found at knee angle in catching phase ($p < 0.05$); also, a statistically significant difference was found at every distance of the traction rate and this difference showed a gradual increase depending on the distance ($p < 0.05$). As a result, it should not be forgotten that the important movements that accelerate the boat from traction are the chain movements created by the lower extremities, although they appear to be intensely occurring in the upper limbs of the body.

Key Words: Rowing, kinematic, kinetic, concept

GİRİŞ

Kürek sporu, kuvvet-dayanıklılık ve fizyolojik yetilerin yanında yüksek düzeyde teknik beceriye gereksinim duyulan bir spordur. Kürek sporuyla ilgili uygulanan performans testlerinde, kürek çekişi için ihtiyaç duyulan yarış ortamında ve su üzerinde koşulların sürekli değişmesi ve teknenin hızının etkilenmesi ve dolayısıyla bu durumun kürekçinin performansı üzerinde önemli etki yaratması, standardizasyon problemi oluşmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı, kürek ergometresinde performans ölçümü standart koşullarını daha iyi sağladığı ve performansı olumsuz etkileyen çevresel faktörlerin (rüzgar) etkisini en aza indirilebildiği için kürekte ölçümler için tercih edilmektedir (Bernstein, 2014).

Yarışmada ve ergometre üzerinde ideal tekniğin kullanılmasının yanında bunun yarışma boyunca sürdürülmesinin sağlanması da önem taşımaktadır (Cerne ve ark., 2013). Kürek yarışlarının sonuçları üzerinde her saniyenin önemli etkisi olduğundan, fiziksel ve biyomekanik faktörlerin kürek performansını ne şekilde etkilediğini ortaya çıkarmak önemlidir (Baudouina ve Hawkins., 2003). Bu nedenle bu çalışmada, 2000m yarışma kategorisinin farklı mesafelerindeki (500m, 1000m, 1500m, 2000m) kürek tekniğinin temel özelliklerinin ve değişimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır ve çalışmadan elde edilen sonuçların, kürek sporu ile ilgilenen sporcuların çekiş tekniklerini de dikkate almaları gerektiğiyle ilgili bir fikir vereceği düşünülmektedir.

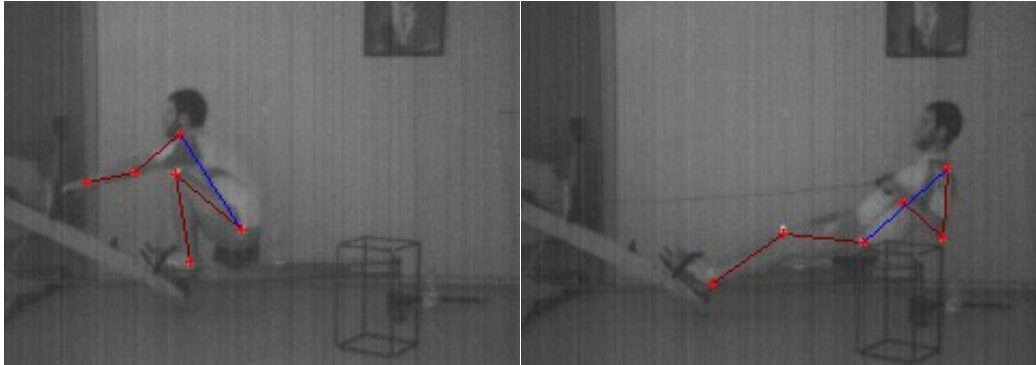
MATERYAL ve METOT

Katılımcılar: Çalışmaya, Kocaeli Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan ve daha önce çeşitli dönemlerde Türk Milli Takımı'nda yer almış; şuanda ulusal düzeyde yarışmalara katılan, 10 erkek kürek sporcusu (yaş ortalamaları

20,90±1,5yıl; boy ortalamaları 184,50±5,9cm ve kütle ortalamaları 79,40±9,05 kg) denek olarak katılmıştır.

Verilerin toplanması: Denekler, 5dk hafif tempolu koşu sonrası 10dk. dinamik egzersiz yapmışlardır. 10 farklı hareketten (uyluk, calf, ayak bileği, karın, bel ve sırt, omuz, kalça kaslarına yönelik) oluşan dinamik egzersizler; 12-15 tekrar ve her kas grubu arasında 15s dinlenme süresi olacak şekilde uygulanmıştır. Sonrasında kürekçiler, Concept 2D kürek ergometresinde hiç yük olmayacak şekilde 5 dk. boyunca kürek çekerek ısınmalarını tamamlamışlardır. Sporcuların anatomik noktalarını belirlemek için bazı anatomik noktalara reflektör özelliğe sahip markerlar (deri işaretleri) yerleştirilmiştir (Figür 1). Alanın kalibrasyonu DLT yöntemi ile yapılmış, 70x58x80 cm kalibrasyon kafesi kullanılmıştır. Sporcuların ergometre üzerindeki 2000m çekiş performans kaydı, 100hz hızında iki adet Basler A602f marka hızlı kamera ile alınmıştır. Tüm sporcuların her 500m,1000m, 1500m, 2000m bitimindeki Yakalama fazı ve kürek sonu performanslarını içeren bir kürek devri görüntüleri SIMI 8.5.7 Hareket Analiz Programı ile analiz edilmiştir. Dirsek, bilek, omuz, kalça, diz, ayak bileği, uyluk, gövde açısı (°), açısal hız(°/s), açısal ivme(°/s²) değerleri alınmıştır. Ayrıca her çekiş devrine ait çekiş gücü ve çekiş zamanı değerleri de kürek ergometresi ekranından okunarak kaydedilmiştir.

Verilerin analizi: 2000m kürek performansının 500m, 1000m, 1500m ve 2000m'lerindeki performans farklılıkları, SPSS 13.0 programı aracılığıyla Tek Yönlü Varyans analizi ile değerlendirilirken; her bir mesafenin, çekiş gücü ve çekiş zamanının hem yakalama fazıyla hem de bitiriş fazıyla olan ilişkileri Pearson Korelasyon ile analiz edilmiştir. Anlamlılık düzeyi P= p<0.05 olarak kabul edilmiştir.



Figür 1. Anatomik Noktalama.

BULGULAR

Yapılan analizler sonucunda, Yakalama Fazındaki bilek açısız ivme değerlerinde sporcuların 500m'deki değeri ile 1000m, 1500m ve 2000m değerleri arasında; ayrıca diz açısız ivme değerlerinde sporcuların 500m ve 1500m değerleri ile 100m ve 2000m değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 1).

Performans Değişkenlerinden olan Çekiş zamanının en yüksek değerleri 1500m ve 2000m değerlerinde rastlanmıştır en düşük değer 500m'de olmasına rağmen artış kademeli olarak yükselmiştir. Çekiş Temposunun en yüksek değeri 500m de gerçekleşmiş mesafeye bağlı olarak çekiş temposunda düşüş gerçekleşmiştir fakat 2000m çekiş temposunda tekrar bir artış gözlenmiştir. Çekiş hızının her mesafede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ve bu farklılık mesafeye bağlı kademeli bir artış göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo2).

Tablo 1. İncelenen fazlara göre 2000m kürek çekiş mesafelerine ait kinematik değerlendirme sonuçları.

	500m		1000m		1500m		2000m	
	Yakalama	Bitiriş	Yakalama	Bitiriş	Yakalama	Bitiriş	Yakalama	Bitiriş
DIRSEK(°)	133.41±31	70.83±27	105.08±45	95.02±37	116.87±42	82.75±43	114.81±38	91.04±45
DIRSEK(°/s)	31.37±32	113.31±60	68.45±62	66.45±51	58.49±80	98.35±81	67.45±92	45.004±90
DIRSEK(°/s ²)	54.79±516	451.91±360	261.25±642	245.35±243	242.98±662	496.12±577	180.43±822	733.63±791
BILEK(°)	125.44±46	110.55±60	123.21±51	119.23±47	119.47±54	109.49±52	113.79±57	109.28±51
BILEK(°/s)	-25.11±45	-13.36±65	30.91±76	15.71±83	12.61±64	16.12±99	-1.64±101	-13.59±79
BILEK(°/s ²)	-828.77±78 *	110.69±977	-138.3±76 *	100.72±762	-214.92±6 *	-43.86±816	-97.95±55 *	513.98±771
OMUZ(°)	57.38±24	77.22±43	68.97±35	55.21±32	64.19±30	72.65±38	68.57±35	63.07±37
OMUZ(°/s)	3.49±52	-67.65±22	-66.48±53	-28.88±38	-12.08±71	-50.13±37	-39.75±59	-35.02±54
OMUZ(°/s ²)	85.14±323	123.22±242	-127.74±353	34.35±192	-174.85±33	-250.68±44	-192.73±22	-239.4±486
KALCA(°)	45.19±29	123.40±32	79.04±48	88.55±50	67.28±46	104.08±47	68.21±42	89.342±53
KALCA(°/s)	43.62±39	-40.56±64	27.39±89	-5.830±52	36.18±80	-3.467±48	11.28±79	3.0437±44
KALCA(°/s ²)	173.02±118	-15.69±254	130.39±446	23.33±324	160.81±245	-45.04±447	108.72±307	34.682±495
DIZ(°)	62.17±36	108.11±61	81.91±48	87.021±65	53.35±56	85.19±68	64.71±49	60.537±67
DIZ(°/s)	34.51±43	-8.734±30	31.17±56	22.436±33	26.39±41	-5.39±29	2.36±83	31.28±30
DIZ(°/s ²)	345.37±18*	69.92±175	51.92±23*	16.49±205	187.7±29*	30.65±274	-15.19±23*	188.72±469
A.BILEGI (°)	52.62±43	51.60±78	56.48±62	67.85±61	50.15±47	55.49±71	41.78±54	54.508±62
A.BILEGI(°/s)	-0.15±43	6.61±29	16.54±22	-8.64±36	5.52±56	9.71±22	23.61±49	0.91±56
A.BILEGI(°/s ²)	77.64±319	55.15±263	-7.15±146	-13.4±234	182.9±266	91.31±323	106.29±134	304.11±370
UYLUK(°)	9.79±30	-12.4±49	-8.12±33	1.071±49	18.69±50	0.17±51	7.85±42	16.59±58
UYLUK(°/s)	-16.35±22	13.31±24	-1.29±45	-12.35±24	-4.86±41	2.59±30	11.92±58	-16.91±18
UYLUK(°/s ²)	-39.86±193	49.86±187	-113.7±192	-21.9±195	-99.6±319	84.43±250	-39.79±255	-133.81±265
GOVDE(°)	65.75±81	51.31±87	50.19±81	41.83±82	61.12±83	51.27±86	72.53±81	59.92±88
GOVDE(°/s)	21.29±51	44.65±61	1.08±58	52.007±58	21.43±50	41.2±48	22.97±69	31.82±55
GOVDE(°/s ²)	-18.51±169	20.027±380	-200.59±423	220.63±736	-251.9±410	378.4±425	32.21±325	138.91±423

* $p<0.05$

Tablo 2. İncelenen fazlara göre 2000m kürek çekiş mesafelerine ait performans parametreleri.

Mesafe	500m	1000m	1500m	2000m
Çekiş gücü(watt)	283.1±54	267.2±63	246.1±58	253±64
Çekiş zamanı(s)	104.1±6*	108±5 *	110.9±5 *	110±7 *
Çekiş sıklığı (tempo)	26±2 *	25±1,9 *	24.1±1,5 *	25.6±1,6*
Çekiş hızı (m/s)	4.81±0,2*	9.28±0,5*	13.55±0,6*	18.25±1 *

TARTIŞMA ve SONUÇ

Kürek fazları genelde dörde ayrılmaktadır, bunlar; yakalama, sürüş, bitiriş ve yenilenmedir ve bir çekiş döngüsü bu fazların arka arkaya tekrarıyla gerçekleşir (Smith ve Loschner, 2002). Bazı çalışmalar, sürüş ve yenilenme fazlarının zamanlarını incelemişken (Dawson ve ark., 1998), bazı çalışmalar da yakalama ve bitiriş fazlarındaki vücut açılarını ve bazı kinematikleri incelemişlerdir (Elliott ve ark., 2003). Bu çalışmada da, benzer bir şekilde sadece yakalama ve bitiriş fazları değerlendirilmeye alınmıştır.

Kürek Çekiş Kinematiklerinin Değerlendirilmesi

Kürekte çekiş, doğru açıyla gerçekleştiği zaman çok büyük bir mekanik avantaj yaratmaktadır çünkü çekiş anında teknenin hareketinin gerçekleşmesinde boşa harcanacak bir kuvvet kaybı olmamalıdır (Cautino ve ark., 2008). Bingül ve ark. (2014) yapmış oldukları 2d çalışmalarındaki sonuçta, mesafeye bağlı olarak, yakalama fazındaki ayak bileği ve dirsek açısında ve bitiş fazındaki diz ve ayak bileği açı değerlerinde belirgin farklılıklar tespit etmiştir ($p<0.05$). Bulgan (2015) su üzerinde yapılan spor branşlarından letlerin çekiş fazında kinematiklerinde anlamlı artışlar gözlemlenmiş ve alt ekstremitte kinematiklerinde de incelenen eksenlere bağlı olarak hemen hemen tüm fazlara yakın sonuçlarda anlamlı farklılıklar ve hareketlilikler olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Jin-Sun Kim ve ark. (2016) elit kürekçilerin elit olmayanlara göre daha geniş açılara sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Bingül ve ark. (2014) yakalama fazında inceledikleri diz, kalça ve ayak bileği segmentlerinin açısal değerlerinde anlamlı herhangi bir farklılığa rastlamamıştır. Barrett ve Manning (2004), araştırmalarında yakalama fazında diz açısını $47.0 \pm 5.0^\circ$ ve kalça açısını $25.0 \pm 4.0^\circ$ olarak tespit etmişlerken bu fazda Upson ve ark. (2003) kalça açısını $26.7 \pm 4.2^\circ$, ve Elliott ve ark. (2003) 500m de diz açısını $51.0 \pm 2.3^\circ$ olarak bulmuşlardır. Fohanno ve ark. (2015) pelvik dönüş hareketinin ve arka gövde

fleksiyonunun kinematik parametrelerle ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada da diz açısı 65.13 ± 47 , kalça açısı 64.47 ± 42 ve ayak bileği açısı 50.32 ± 50 derece olarak bulunmuştur.

Barrett ve Manning (2004) kalça açısını $110.0 \pm 6.0^\circ$ ve Elliott ve ark. (2003) uyluk açısını $4.0 \pm 0.7^\circ$ ve gövde açısını $31.9 \pm 2.0^\circ$ olarak bulmuşlardır. Bu çalışmanın da bitiriş fazında kalça açısı 101.9 ± 46 , uyluk açısı 0.96 ± 51 ve gövde açısı değerleri 51.09 ± 83 olarak bulunmuşken, kürekçilerin bacaklarını uygun ekstansiyon pozisyonuna getirmeleriyle beraber, gövdelerini daha fazla ekstansiyona getirdikleri görülmektedir.

Price (2016) yaptığı çalışmada transvers düzlemdeki omuz açısının düşmesi ile güç seviyesinin düştüğünü tespit etmiş ve scapulanın anterior lateral olarak hareket etmesini önermiştir. Yorgunluğa bağlı olarak trapezius kaslarının scapulayı doğru bir pozisyonda tutmadığını öne sürmektedir.

Çekiş performans değişkenleri incelendiğinde, mesafelere bağlı olarak çekiş gücü 1500m ye kadar düşmüş ve yarışın sonuna doğru tekrar yükselmiştir ama bu farklar istatistiksel açıdan anlamlı değildir ve bu sonradaki yükselmenin finish atağı nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Çekiş zamanının en yüksek değerleri 1500m ve 2000m değerlerinde rastlanmıştır en düşük değer 500m'de olmasına rağmen artış kademeli olarak yükselmiştir ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Çekiş Temposunun en yüksek değeri 500m de gerçekleşmiş mesafeye bağlı olarak çekiş temposunda düşüş gerçekleşmiştir fakat 2000m çekiş temposunda tekrar bir artış gözlenmiştir ve istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Çekiş hızının her mesafede istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ve bu farklılık mesafeye bağlı kademeli bir artış göstermiştir. ($p<0.05$). Bingül ve ark. (2014) yapmış oldukları 2d çalışmalarındaki sonuçta mesafeler arasında; çekiş zamanı, çekiş gücü ve çekiş temposunda anlamlı farklılıklar bulunduğunu tespit edilmiştir. Yarışın başlarında büyük olan gövde açısı çekiş gücünün daha iyi olmasında rol almış-

ken, daha sonra daralan gövde açısı yarışın sonlarına doğru tekrar artırılmış sporcular yarışın bitimine doğru gövdelerini daha fazla geriye getirerek zaman kaybetmelerine rağmen çekiş güçlerini arttırmışlardır.

Kürek Çekiş Kinematiklerinin Çekiş Gücü ve Çekiş Süresi ile İlişkileri

Bu çalışmada incelenen ekstremite kinematiklerinin ayrıca sporcuların uyguladıkları toplam çekiş süresi ve çekiş gücü ile olan ilişkileri de araştırılmıştır. Yakalama fazında diz açısının daralması çekiş gücünü arttırmaktadır ($r=-0,423$). Bitirme fazında bilek açısı ($r=-0,678$), bilek açısal hızı ($r=-0,946$), omuz açısı ($r=-0,446$), kalça açısal ivmesi ($r=-0,459$) ve diz açısal hızının ($r=-0,424$) azalması çekiş gücünü artırırken, omuz açısal hızı ($r=0,741$), kalça açısal hızı ($r=0,587$), ayak bileği açısal hızı ($r=0,599$) ve gövde açısı ($r=0,621$)'nin azalması çekiş gücünü arttırmaktadır.

Yakalama fazında diz açısının daralması çekiş zamanını azaltırken ($r=0,367$). Uyluk açısal hızının azalması çekiş zamanını arttırmıştır ($r=-0,370$). Bitirme evresinde bilek açısı ($r=-0,678$), bilek açısal hızı ($r=-0,946$), omuz açısı ($r=-0,446$), kalça açısal ivmesi ($r=-0,459$) ve diz açısal hızı ($r=-0,424$)'nin, omuz açısal hızı ($r=0,741$), uyluk açısal hızı ($r=0,463$), kalça açısal hızı ($r=0,587$), ayak bileği açısal hızı ($r=0,599$) ve gövde açısı ($r=0,621$)'nin azalması çekiş zamanını arttırmaktadır. Kürek performansı, kürekçilerin becerilerinin geliştirilmesine ve aynı zamanda tekne hızının arttırılmasına bağlıdır. Kürekçilerin uyguladığı çekiş kuvveti, sürüş hızını etkileyecek bir parametredir (Baudouin ve Hawkins, 2003). Bu çalışmada, güç ve hız arasında korelasyon tespit edilmiştir.

Hartmann ve ark. (1993) dünya kategorisinde yarışan kürekçilerde yaptıkları çalışmalarında, güç ve hız arasında kuvvetli bir ilişki tespit etmiştir. Bulgan (2015), kinematik değişkenlerin, sporcuların uyguladıkları ortalama kayak hızına ve çekiş temposuna etki eden önemli bir performans kriteri olduğu belirlenmiştir. Schabort ve ark. (1999) 2000 m çekişi değerlendirdikleri çalışmada güç arttıkça zaman iyileşmiştir. Açısal genişliklerle değerlendirildiğinde ise bitirişteki ayak bileği dorsa fleksiyon açısı ile güç arasında negatif korelasyon olduğu, daha dar bir dorsa fleksiyon açısı ile daha fazla güç ürettikleri bulunmuştur.

Sonuç olarak, çekiş anından tekneyi hızlandıran önemli hareketler, yoğun şekilde vücudun üst ekstremitelerinde gerçekleşiyormuş gibi gözükse de alt ekstremitelerin yarattığı bir zincir hareketinin olduğu unutulmamalıdır. Yakalama pozisyonunda diz açısının daralması çekiş gücünü pozitif etkilerken, bitiriş pozisyonunda daha çok üst ekstremitelere etkili olmaktadır. Kürek performansı kürek çekiş tekniği ile etkilendiğinden, kürekçiler vücut pozisyonlarını buna göre ayarlayıp bu pozisyonlarının yarış boyunca korunmasının sağlanması performansın geliştirilmesinde önemli bir yer tutacaktır.

KAYNAKLAR

1. Barrett RS, Manning JM. (2004) Relationships Between Rigging Set-up, Anthropometry, Physical Capacity, Rowing Kinematics and Rowing Performance. School of Physiotherapy ve Exercise Science, Griffith University, Sports Biomechanics, 3 (2), 221-235.
2. Baudouina A, Hawkins D. (2003) Investigation of Biomechanical Factors Affecting Rowing Performance. Journal of Biomechanics, 37, 969-976.
3. Bernstein IA, Webber O, Woledge R. (2014) An Ergonomic Comparison of Rowing Machine Designs: Possible Implications for Safety. Br Journal Sports Med, 36, 108-112.
4. Bingul BM, Bulgan C, Aydın M ve ark. (2014) Two-dimensional kinematic analysis of catch and finish positions during a 2000m rowing ergometer time trial." South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation, 36(3), 1-10.
5. Bulgan Ç. (2014) 200m Durgunsu Kayak Tekniğinin Biyomekaniksel Analizi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Ankara.
6. Cautino S, Cohen G, Colella J et al. (2008) Biomechanics: Kayak Exercise Machine. Capstone Design Program: Mechanical Engineering, p13.
7. Cerne, T.; Kamnik, T.; Vesnicer, B. et al. (2013). Differences between elite, junior and non-rowers in kinematic and kinetic parameters during ergometer rowing. *Human Movement Science*, 32, 691-707.
8. Dawson J, Murray D. (1998) Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement. The bone and joint journal, 97-B, 793-801.
9. Elliott, B.C., Marsh, T., & Blansky, B. (2003) A three-dimensional cinematographic analysis of the tennis serve. *International Journal of Sport Biomechanics*, 2, 260-271.
10. Fohanno, V., Nordez, A., Smith, R., & Colloud, F. (2016, May). The effect of the ergometer design on pelvic twist and lowerback flexion in elite rowers. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* 33(1).

11. Hartmann J.M, Perrin Q, Tipping R.H. (1993)The infrared continuum of pure water vapor: Calculations and high-temperature measurements. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 49, 675-691.
12. Jin-Sun Kim , Hanyeop Cho, Bo-Ram Han1 et al. (2016) Comparison of Biomechanical Characteristics of Rowing Performance between Elite and Non-Elite Scull Rowers: A Pilot Study *Korean Journal of Sport Biomechanics* 26(1), 21-30.
13. Price E. (2016) Rowing Biomechanics: Techinque changes with an increase power demand. *Queen's Univesity Department of Kinesiology and Health Studies Thesis of Master of Science*.
14. Schabert EJ, Bosch AN, Weltan S et al(1999). The effect of a pre-exercise meal on time to fatigue during prolonged cycling exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 464–471.
15. Smith RM, Loschner C. (2002) Biomechanics feedback for rowing. *Journal of sports sciences.*; 20(10), 783-791.