

BARFİKSTE DEVİR HAREKETLERİNİN BENZEŞİMİ

Nihat ÖZGÖREN¹, Serdar ARITAN*¹

¹Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Biyomekanik Araştırma Grubu, Ankara

Anahtar Kelimeler	Özet
Barfiks Düz devir Ters devir Dinamik model SimMechanics	Bu çalışmanın amacı, barfikte düz ve ters devir hareketlerinin kinematik ve kinetik özelliklerini bir benzeşim modeli oluşturarak incelemektir. Çalışmaya beş erkek eski milli cimnastikçi gönüllü denek olarak katılarak barfikte düz ve ters devir hareketleri yapılmıştır. Devir hareketlerinin görüntü kaydı saniyede 500 kare görüntü kaydedebilen yüksek hızlı kamera ile yapılmıştır. Anatomik noktaların görüntü üzerinden belirlenebilmesi için eklemlere yansıtıcı işaretler yerleştirilmiştir. Hareket alanının kalibrasyonu için üzerinde 8 sabit nokta bulunan kalibrasyon düzleminin görüntüsü de her denek için kaydedilmiştir. Kaydedilen görüntülerdeki yansıtıcı işaretler sayısallaştırılarak noktaların konum verileri elde edilmiştir. Sayısallaştırmadan kaynaklı gürültünün azaltılması için noktaların konum verileri ikinci derece polinomiyel modelin (uygulama genişliği 0.1) ağırlıklı doğrusal en küçük kareler yaklaşımı ile yumuşatılmıştır. Yumuşatılmış konum verileri kullanılarak vücut üyeleri tanımlanmış, üye ve eklemlerin açılma değişimi, hızı ve ivmesi hesaplanmıştır. Vücut üyelerinin üç boyutlu geometrisini oluşturmak için deneklerin üye çevre ve uzunlukları ölçülerek kaydedilmiştir. Çalışmada sporcunun sagittal düzlemde yedi üyeli, üç boyutlu bağlantılı üye mekanik modeli tasarlanmıştır. Bu model SIMULINK (sürüm 8.3) programında SimMechanics (sürüm 4.4) kütüphaneleri kullanılarak oluşturulmuştur. Görüntü üzerinden belirlenen üye ve eklem kinematiği modelde girdi olarak yer almıştır. Benzeşim sistemi ters dinamik yöntemle çözülerek eklem momentleri hesaplanmıştır. Ters ve düz devir hareketlerinin kinematik ve kinetik özellikleri karşılaştırılarak incelenmiştir. Ters devir hareketinde vücut kütle merkezinin açılma hızı düz devirdekenden az olduğu, bu nedenle düz devir hareketinin daha hızlı tamamlandığı ortaya çıkmıştır. Düz devir hareketinde eklem momentlerinin ters devirdekenden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

SIMULATION OF GIANT CIRCLES ON HIGH BAR

Keywords	Abstract
High bar Backward giant circle Forward giant circle Dynamic model SimMechanics	The aim of this study is to investigate the kinematic and kinetic characteristics of backward and forward giant circle on high bar by utilizing a simulation model. Five former national gymnasts were voluntarily included in this study as subjects by performing backward and forward giant circles on high bar. The performances were recorded by using a high speed camera, operating at a speed of 500 frames per second. In order to identify body segments on the images, reflective markers were placed on each joint of interest. Prior to subjects performing giant circles, a calibration structure comprising 8 calibration points placed in known locations was video recorded for each subject. Positions of the points were obtained by digitizing the recorded video images. Digitized data was smoothed by local regression using weighted linear least squares and a 2nd degree polynomial model. The span of the method was set to 0.1. Body segments were defined from smoothed position data of the points and joint and segment angles, angular velocities and angular accelerations were calculated. In order to create body geometry, segment lengths and segment circumferences of the subjects were measured. In the study, a seven segment mechanical model of the human body was designed on sagittal plane. This model was built using SimMechanics (version 4.4) libraries in SIMULINK (version 8.3). The model was driven using kinematic data of the segments and joints. Joint torques was calculated from the simulation model using the method of inverse dynamics. Kinetic and kinematic characteristics of the backward and forward giant circles were interpreted by comparing each other. It is found that, since the angular velocity of the body's center of mass is lower during forward giant circle than it is during backward giant circle, backward giant circle is completed faster and also the torques acting on the joints are higher during the backward giant circle.

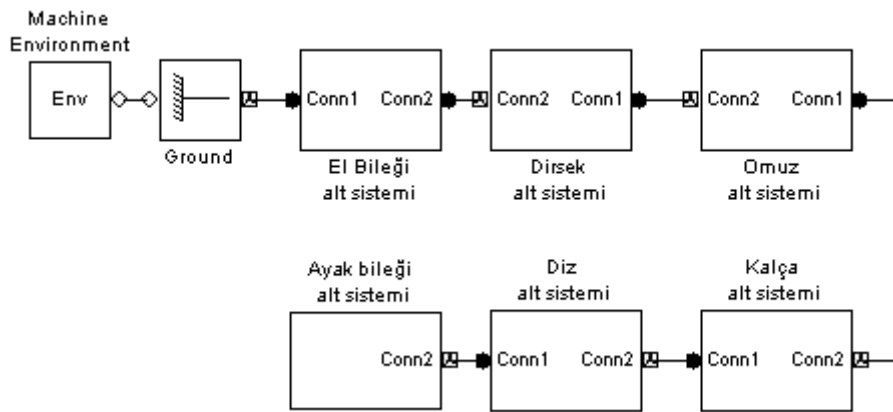
*İlgili yazar: serdar.aritan@hacettepe.edu.tr

1. Giriş

Barfiks, erkek artistik cimnastikçilerin performans sergiledikleri altı aletten biridir. Devir hareketleri barfikteki en temel salınım hareketleridir ve bu hareketler kullanılmadan barfikte bir seri oluşturulamaz. Devir hareketinin temel amacı dirsekleri ve dizleri bükmeden barın etrafında bir tam tur dönmektir. Cimnastikçiler, özellikle uçuşlu hareketler ve bitiriler için gerekli olan rotasyonu ve açısal hızı kazanmak için devir hareketlerini kullanırlar (Yeadon ve Hiley, 2000). Geliştirilen üç boyutlu modellerde insan vücudunun genellikle dört üyeli mekanik modeli kullanılarak devir hareketlerinin ve/veya devir hareketlerinden sonra yapılan karmaşık hareketlerin biyomekanik yapısı incelenmektedir (Hiley ve Yeadon, 2005; Hiley ve Yeadon, 2008; Hiley ve Yeadon, 2012). Bu çalışmada devir hareketlerinin dinamiğini incelemek için Matlab/Simulink'in SimMechanics kütüphaneleri kullanılarak insan vücudunun yedi üyeli mekanik modeli tasarlanmıştır.

Simulink, dinamik sistemlerin analizinde, modellenmesinde ve benzeşiminde kullanılan ve MATLAB'ın içinde yer alan bir blok diyagram ortamıdır. İçeriğinde grafik editörü ve ara yüzü, düzenlenebilir blok kütüphanesi ve dinamik sistemlerin modellenmesi ve benzeşim çalışmaları için çözümler barındırır. MATLAB ile uyumlu çalışan Simulink, MATLAB algoritmalarının model içinde yer almasını ve benzeşim sonuçlarının farklı analizler için MATLAB içinde görüntülenebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı bir benzeşim modeli oluşturmak ve bu modeli

2. Materyal ve Yöntem



Şekil 1. Simulink'te oluşturulan modelin blok diyagram görüntüsü.

Sistemde yerçekimi ivmesi -9.81 m.s^{-2} dir. Adım aralığının, toplanan verilerdeki her anı temsil etmesi için sistemin çözücü tipi ODE3 olarak belirlenmiş ve sistem, veri toplama hızı olan 0.002 sabit adım aralığında çözülmüştür. Beş katılımcının görüntü üzerinden belirlenen ortalama üye ve eklem

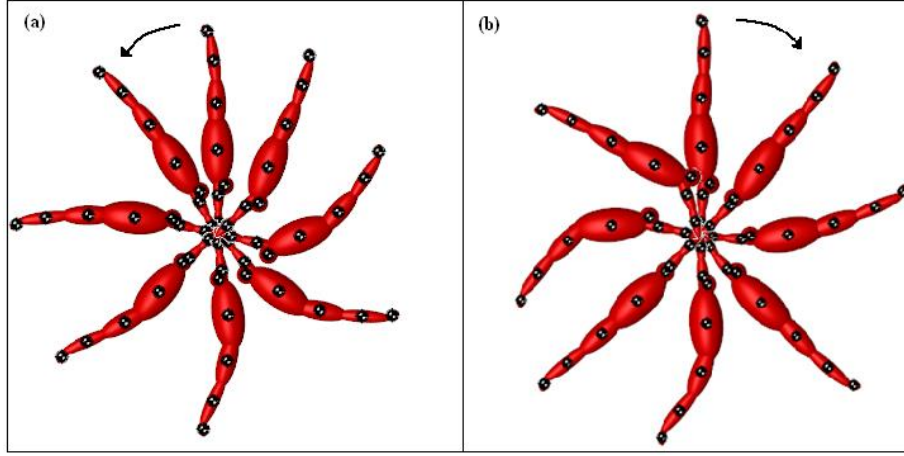
Beş erkek artistik cimnastikçi bu çalışmaya denek olarak katılarak barfikte düz ve ters devir hareketi yapmıştır. Devir hareketleri saniyede 500 kare görüntü kaydedebilen yüksek hızlı kamera (Photron SA3, Japonya) ile kaydedilmiştir. Katılımcılar barfikte birden fazla devir yaparken en hızlı oldukları anda kayda girilmiştir. Hareket alanının kalibrasyonu için üzerinde 8 sabit nokta bulunan kalibrasyon düzleminin görüntüsü her denek için kaydedilmiştir. Anatomik noktaların görüntü üzerinde belirlenerek vücut üyelerini tanımlayabilmek için eklemlere yansıtıcı işaretler yerleştirilmiştir. Bu yansıtıcı işaretler dikkate alınarak katılımcıların antropometrik ölçümleri yapılmıştır. Görüntülerdeki yansıtıcı işaretler HUBAG Hareket Analizi Yazılımı (Arıtan ve diğ., 2010) kullanılarak sayısallaştırılmış ve noktaların konum verileri elde edilmiştir. Elde edilen konum verileri ikinci derece polinomial modelin (uygulama genişliği 0.1) ağırlıklı doğrusal en küçük kareler yaklaşımı ile yumuşatılmıştır.

Devir hareketi sırasında sporcunun sağ ve sol üyelerinin mümkün olduğunca simetrik hareket etmesi istenmektedir. Devir hareketinin bu özelliğinden yola çıkılarak çalışmada sporcunun sagittal düzlemde üç boyutlu bağlantılı üye mekanik modeli tasarlanmıştır. Bu model Simulink (sürüm 8.3) (MathworksInc. Natick, MA, ABD) programında SimMechanics (sürüm 4.4) kütüphaneleri kullanılarak oluşturulmuştur. Modelde kafa küre, diğer üyeler katı cisim ve silindirik olarak kabul edilmiştir. Yedi üye birbirine, sürtünmesiz döner eklemlerle bağlanmıştır. Üyelerin eylemsizlik parametreleri ve kütle merkezleri antropometrik ölçümlerden elde edilen veriler ve Dempster'in (1955) belirttiği oranlar kullanılarak hesaplanmıştır. Modelde barın hareketi ihmal edilerek el bileği eklemi doğrudan hareketsiz bir noktaya bağlanmıştır (Şekil 1).

kinematiği modelde girdi olarak yer almıştır. Benzeşim sistemi ters dinamik yöntemle çözülmüş ve üyelerin açısal kinematiği, eylemsizlik özellikleri ve eklem kuvvetleri kullanılarak eklem momentleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamada Newton-Euler hareket denklemleri kullanılmıştır.

3. Araştırma Bulguları

Katılımcıların ortalama kinematik verisi ile çözülen benzeşim sistemi düz ve ters devir hareketlerini



Şekil 2. Devir hareketlerinin benzeşimi. (a) Düz devir, (b) Ters devir.

Ayak bileği ve dirsek eklemlerinde devir hareketleri boyunca herhangi bir açısal hareket meydana gelmezken hareketlerin Uzama evresinde diz ekleminde 22°'lik bir fleksiyon hareketi meydana gelmektedir. Gövdenin proksimal ucuna sürtünmesiz bir döner eklemlerle bağlanan kafa üyesi hareketlerin hazırlık ve uzama evrelerinde fleksiyon, yaklaşma ve toparlanma evrelerinde ise hiperekstansiyon hareketi yapmaktadır. Özellikle kalça ve omuz eklemlerindeki açısal harekete bağlı olarak en büyük momentler hareketlerin Yaklaşma evresinde el bileğine etki etmektedir (Düz devirde -2675 Nm, ters devirde 2205 Nm).

4. Tartışma ve Sonuç

Bu tip incelemeler için daha önce oluşturulan mekanik modellerde ihmal edilen kafa üyesinin açısal hareketinin, devir hareketlerinin dinamiğini etkilediği bulunmuştur. Diz ekleminde gerçekleşen fleksiyon-ekstansiyon hareketi de devir hareketlerinin dinamiğini etkilemektedir. Hareketlerin Uzama evresinde oldukça hızlı gerçekleşen diz eklemindeki bu hareketlerin düşük hızlı kameralarla yapılan çalışmalarda görülemediği düşünülmektedir. Hareketlerin dinamik yapısını etkilediği düşünülen ayak üyesinin sınırlı bir açısal harekete sahip olduğu görülmüş ve dolayısıyla benzeşim sistemini basitleştirmek için ihmal edilebilir olduğu düşünülmüştür. Aynı şekilde dirsek ekleminde de herhangi bir açısal hareket görülmemiş, önkol ve üstkol üyelerinin birlikte tek bir katı cisim olarak modellenebileceği ortaya çıkmıştır. Görüntü üzerinde yapılan incelemede barın esneme hareketi dikkati çekmiştir. Bu nedenle barın yay ve damper özelliğinde modellenerek bu çalışmada önerilen benzeşim sisteminde yer alabileceği düşünülmüştür.

sırasıyla 1.55 ve 1.43 saniyede tamamlamıştır (Şekil 2). Devir hareketleri kalça ve omuz eklemlerindeki açısal harekete bağlı olarak dört evreye ayrılarak incelenmiş, bu evreler Hazırlık, Uzama, Yaklaşma ve Toparlanma olarak isimlendirilmiştir.

Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Aritan, S., Çilli, M., Amca, A.M. HUBAG: Üç Boyutlu Hareket Analizi Yazılımı. Spor Bilimleri Dergisi, 2010 21 (1), 30-36

Dempster, W. T., 1995. Space requirements of the seated operator, USAF, WADC, Tech. Rep. 55-159, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio.

Hiley, M. J., Yeadon, M.R., 2005. Maximal dismounts from high bar. Journal of Biomechanics, 38(11), 2221-2227.

Hiley, M. J., Yeadon, M. R., 2008. Optimisation of high bar circling technique for consistent performance of a triple piked somersault dismount. Journal of Biomechanics, 41(8), 1730-1735.

Hiley, M. J., Yeadon, M. R., 2012. Achieving consistent performance in a complex whole body movement: The Tkatchev on high bar. Human Movement Science, 31: 834-843.

The MathWorks Inc., 2013. MATLAB & SIMULINK Getting started guide R2013b.

Yeadon, M. R., Hiley, M.J., 2000. The mechanics of the backward giant circle on the high bar, Human Movement Science, 19: 153-173.