

Fizik, Teknoloji ve

Modern olimpiyat oyunları 1896'da Baron Pierre de Coubertin tarafından başlatıldı. Amaç sağlığı ve beden eğitimini daha iyi duruma getirmek, dünya barışına katkıda bulunmak ve sporda dürüst ve eşit koşullarda yarışmayı sağlamaktır. Modern olimpiyat oyunlarının düsturu şu üç sözcüktür: *Citius, altius, fortius* (daha çabuk, daha yüksek, daha kuvvetli).

DİŞK, çekiç ve cirit atma gibi, bir cismin kullanıldığı atletik yarışmalarda başarıyı fizik yasaları belirler; doğal olarak bu yasalar oyunun kurallarına uygun olarak belirlenir. İşte çelişki buradadır: atletler bir insan olarak daha hızlı, daha kuvvetli ve daha sıçrayıcı olmaya çalışırlar ve gerek duyulduğunda teknolojiye yararlanırlar. Spor yöneticileri atletlerin kullandıkları araç ve gereçleri sürekli olarak daha mükemmel duruma getirmeye çalışırken teknolojinin bazı atletlere diğerlerinde olmayan üstünlükler sağlamasından kaçınmalıdırlar. Spor en iyi araç gereçe sahip atletlerin seçilmesi olmamalıdır. Yarışma iki teknoloji arasında değil, iki insan arasında olmalıdır.

Son yüzyılda spor kurallarında değişimler oluştu, teknolojinin sporu etkilediğinin açık bir göstergesidir. Bu etkilemenin kanıtları nelerdir? Bu yazıda 100 m koşusu, sırlıkla yüksek

atlama ve cirit atma, jimnastik ve yüzme dallarında, teknolojiye ilerlemeyle geleneksel yöntemler arasındaki dengeye değinilecektir.

100 Metre Sürat Koşusu

Eski olimpiyatlarda Yunanlılar, sürat koşusunu 190 m'lik düz bir koşu yolunda gidip gelme olarak yaparlardı; bu yarışa stadion denilirdi. O günün teknolojisine uygun olarak atletin geri dönmelerini kolaylaştırmak üzere koşu yolunun sonunda tahtadan bir direk vardı.

Yarış başlarken atletler, ayak parmakları başlama taşındaki oluklara dayanmış olarak bir hizada ayakta dururlardı. Yanlış çıkış yapan bir atlet, arkasında duran bir hakem tarafından kırbaçlanırdı.

Daha sonraları husplex denilen, bugün at yarışlarındakine benzer çıkış kapıları kullanılmaya başlandı.

Modern olimpiyatlarda, sürat koşucular, yarışa çömelmiş durumdan başlar; çıkış bloklarını iterek ilk hızı kazanırlar. Çıkış blokları 1920 sonlarında bulundu ve ilk kez Londra 1948 Olimpiyat Oyunları'nda kullanıldı. 1980 başlarında, çıkış bloklarına bir yay ve mikro-anahtar eklendi. 1980 sonlarında çıkış çizgisinde basınçölçer cihazlar kullanılmaya başlandı; fakat bunlar atletin itmesine o kadar duyarlı idiler ki, birçok yarışmada yanlış çıkışlara neden oldular. 1993'de daha geliştirilmiş basınçölçerler ortaya çıktı ve 2 yıl sonra "akıllı" basınçölçerler geliştirildi. Bunlar çıkış blokunun içine yerleştirilmiştir ve yanlış çıkışları önlemek üzere karmaşık bir program

kullanırlar. Çıkış tabancası patladıktan sonraki 0.1 saniye içinde çıkış yapan atletler yarıştan çıkarılır; neyse ki artık yanlış çıkış yapan atletleri kırbaçlamıyorlar!

Bugün 100 m sürat koşularında birinci olan atlet o kadar küçük bir farkla yarış kazanır ki, atletlerin çıkış çizgisine varışı son derece dakik olarak belirlenmelidir. Bugün birinciyi belirlemek için şöyle bir sistem kullanılır: çıkış tabancası patlar patlamaz çalışmaya başlayan bir saat, bir ışık kaynağı ve atlet ışık huzmesine değer değmez saati durduran bir sistem. Işık kaynağı saniyede 1000 kere yanıp söner; bu şekilde fon ışığındaki değişmelerin sonucu etkilemesi önlenir.

Sırlıkla Yüksek Atlamanın Fiziği

Sırlıkla yüksek atlama eski Yunan olimpiyatlarında yoktu. Bazılarına göre bu spor Hollandalıların kanallarının üstünden sırlıkla atlamasından doğmuştur. Almanya'da bu spor 1791'den beri biliniyordu. Sırlıkla atlamada amaç, atletin ağırlık merkezini bir çıta üzerinden aşırmasıdır. Bugün atletin yüksek atlamada kullandığı teknik, 100 yıl öncesinin tekniğinden çok farklıdır. Eskiden atletler çıtanın üzerinden atladıktan sonra ayakları üstüne düşerlerdi. Bugünse atletler yüksek atlarken karmaşık jimnastik hareketleri kullanıyorlar; yüksek atlama sırasında vücutlarını başaşağı bir



Daha yüksekler: 1960'larda bambu sırlıkların yerini cam ve karbon liflerinden yapılmış çok elastik sırlıkların almasıyla atlama yüksekliği arttı.



Karbon liflerinden yapılmış sırlığın kesiti
Karbon-epoksi lifler
Cam elyafı ve epoksidin örgü
Cam elyafı halkalar

Olimpiyatlar

duruma getiriyorlar. Yüksek atlamaların kuralları, Uluslararası Amatör Atletizm Federasyonunca (IAAF) saptanıyor. Sırığın uzunluğu, yapıldığı madde ve enerji depolama kapasitesi üzerinde hiçbir kısıtlama yoktur. Tek koşul sırkaların dümdüz olması ve yapıştırıcı bantla çok fazla örtülmemesi.

Sırkalar önceleri tahtadan ve özellikle ceviz ağacından yapılıyordu. 1900 başlarında bu sporda en ileride olan Amerikalılar hafifçe daha esnek olan bambu kamışından sırkalar kullanmaya başladılar. Basit mekanığın bize öğrettiğine göre bükülen bir sırıkta gerilme, en fazla sırığın dış yüzeyinde görülür. Simetrik olarak bükülen bir sırığın tam ortasında gerginliği çok az ve genellikle sıfır olan bir bölge vardır; buna nötral eksen denilir. Bu nedenle sırığın merkezinde bir kütle bulunması gerekmemektedir. Bambu kamışı, birim başına tahta sırığa göre çok daha hafiftir; fakat aynı maksimum gerginliği sağlar. Bambu kamışı sayesinde atlet daha hızlı koşabilir ve biraz daha uzun bir sırık kullanabilir.

Bambu kamışı kullanılmasına bağlı olarak olimpiyatlarda atlama yüksekliği giderek arttı. 1950'lerin ortalarında bu artış biraz durdu ve 1960 başlarında bambu kamışının yerini cam liflerinden yapılmış sırkaların almasıyla yeniden hızla artmaya başladı. Cam liflerinden yapılmış kamışlar bir polimer reçine içine 3-20 mikron çapında cam lifleri konulmasıyla oluşur.

Yüksek atlamada koşan atletin kinetik enerjisi, atlamanın potansiyel enerjisine dönüşür; bu sırada kamışta depolanan gerilme enerjisi kullanılır (enerjinin elastik deformasyon şeklinde depolanması). 80 kg gelen bir atlet 10 m/saniye hızla koştuğunda $1/2 mv^2=4000$ J (joule) kinetik enerji elde eder. Bu enerji %100 verimle potansiyel enerjiye (mgh) dönüştürülürse (g =yerçekim ivmesi, m =kütle, h =yükseklik) atlet 4000/mg yüksekliğe ulaşır; bu 5 m'den biraz fazladır. Gerçekten yüksek atlayıcılar 6 m'ye ya-

kın bir sıçrama yapabilirler. Bu ek enerjiyi nereden alıyorlar?

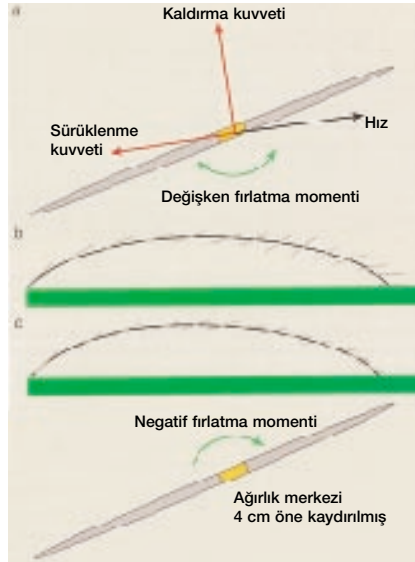
Bu ek enerji, sırığın bükülmesinden gelir. Atletin kasları sırığı eğerken sırıkta enerji depolanır ve sırık düzleşirken bu enerji atlete aktarılır.

Son olarak sırkalar karbon liflerinden yapılmaya başlandı. Karbon lifli sırkalar daha sağlam ve daha hafiftir; ayrıca sırığın kalınlığının istenen yerde değiştirilmesine izin verirler.

Cirit Atma

Cirit atma sporunu 3000 yıl kadar önce Mikenler başlattı. Yunanlılar, M.Ö. 500 yıllarında cirit olarak ince tahta sırkalar kullanıyorlardı; bu sırkaların ağırlık merkezine bir ip sarılmıştı. Atlet, ipin ucundan tutarak ciriti fırlatır ve böylece onun havada dönmelerini sağlardı.

Yüksek atlama sırığından farklı olarak ciritin biçimi katı kurallara



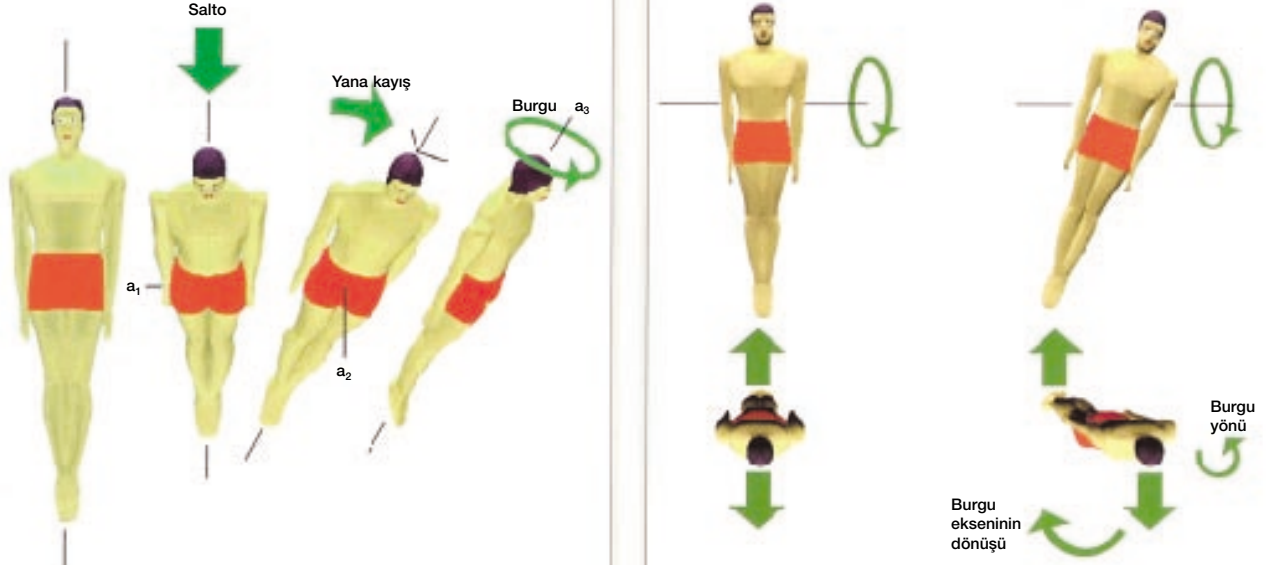
Şekil 4- a- Ciritte etki yapan kuvvetler: 1984 öncesi eski ciritleri etkileyen kuvvetler. Ciritin havada gidişi boyunca "fırlatma" momenti değişir. b) Cirit atılışının ilk evresinde pozitif "fırlatma" momenti oluşur; bu nedenle cirit ağırlık merkezi etrafında döner; kaldırma ve sürtünme azdır. Ciritin havadaki yolculuğunun sonlarına doğru negatif "fırlatma" momenti belirir; kaldırma ve sürtünme artar; hücum açısı azalır ve toprağa ilk önce ciritin ucu değer. c) 1980 ortalarında IAAF kuralı değiştirilerek ağırlık merkezini 4 cm öne aldı. Yeni ciritlerde yalnız negatif "fırlatma" momenti oluşur; bu nedenle ciritin ucu aşağı iner ve ciritin gittiği mesafe azalır.



Yüksek atlamada cam elyafı ve karbondan yapılmış sırkalar sayesinde bükülme ve atılan yükseklik çok arttı.

bağlanmış. (örneğin erkek cirit atışlarında ciritin uzunluğu 2,6-2,7 m arasında ve ağırlığı 800 gr olmalıdır). Ciritin üstü pürüzsüz olacak ve ağırlık merkezi geometrik kurallarca sıkıca kontrol edilecektir. 1908 Olimpiyat Oyunları'nda cirit atmada birinci gelen, ciriti 50 m'ye atmıştı. 1976'da bu uzaklık 95 m oldu ve 1984'de Doğu Almanya'dan Uwe Hohn, olimpiyat dışı bir cirit atışta 104,8 m'ye ulaştı. Bu yıllarda atletler ciriti hemen hemen stadyum boyu ileri atabiliyorlardı; bu da seyircileri tehlikeye sokuyordu. IAAF ciritin daha yakına atılmasını sağlamak için ciritin ağırlık merkezini 4 cm öne kaydırды; bunun etkisi aşağıda açıklanacak.

1980 ortalarında Kaliforniya Üniversitesi'nden Mont Hubbard, bir seri test ve simülasyon yaparak ciritin havada gidişinin fizikini inceledi. Ciritler yatayla 30° açı yaparak atılıyorlardı ve "hücum açıları" 7° idi; bir diğer deyişle cirit, ağırlık merkezinin havada aldığı yoldan daha dik yükseliyordu. Hücum açısı hem ciritin "kaldırma"sını (hareket yönüne dik), hem de "hava sürtünme"sini (hareket yönüne paralel), belirler. Bu kuvvetler ağırlık merkezine değil, "basınç merkezine" (kaldırma ve sürüklenme kuvvetlerinin etki noktası) etki yaparlar. Basınç merkezi ağırlık merkezinin arkındaysa "fırlatma momenti oluşur ve ciritin ucu aşağı yönelir; basınç merkezi ağırlık merkezinin önündeyse hücum açısı artar; ciritin ucu yuka-



Açılar: Salto, yatış ve burgu açıları. Salto açısı a_1 , uzayda sabit bir doğrultuya paraleldir. Burguda vücuda göre sabit bir a_3 eksenini etrafında döndülür. Yana yatma, düşey salto düzlemiyle uzunlamasına eksen arasındaki açıdır (solda). **Açısal moment:** Düz saltonun önden ve yandan görünüşü. Solda yatış yok, sağda var. Salto ile yatışın birleşmesi açısal moment yaratır; bu moment yukarıdan bakışta açıkça bellidir. Açısal moment nedeniyle vücut baş ve ayaklardan geçen uzunlamasına eksen etrafında ters yönde burgu yapar (sağda).

rı yönelir. Eski (1984 öncesi) ciritleerde kaldırma ve direnç kuvvetleri görece sabit ise de “fırlatma momenti” ağırlık merkezinde ileri-geri gider.

Bir ciritin ileri atılabileceği uzaklık onun biçimine bağlıdır. Eski moda ciritleerin havada gidişinin ilk anlarında pozitif bir “fırlatma” momenti oluşur; bu nedenle cirit ağırlık merkezi etrafında döner ve hücum açısını artırır. Ciritin havada gidişinin geç evrelerinde fırlatma momenti ters yönde etki yapar (negatif fırlatma momenti); bu nedenle hücum açısı azalır ve cirit aşağı yönelerek toprağa çarpar.

Kurallar değiştirilerek ağırlık merkezi 4 cm ileri alındığında erken evredeki “pozitif” fırlatma momenti tamamen kaybolur ve bu nedenle hücum açısı artmaz. Bu ise kaldırma kuvvetini azaltır; yolun sonunda yüksek kaldırma kuvvetleri oluşmaz. Yeni kurala göre yapılan ciritleerin ucu, hız vektörüne oranla aşağı iner. Bunun kesin sonucu, ciritin daha yakına düşmesidir. Bugün ciritle eski Olimpiyatlara göre 15 m daha yakına düşer.

Yeni ciritlelerin iki üstünlüğü vardır: cirit çok uzağa gitmez ve toprağa önce ucu değer; bu tabii ki daha güvenlidir. Yeni kurallar atlete de kolaylık sağlar; “eski ciritleler” atılış şekline çok duyarlıydı ve atarken yapılan küçük bir hata, ciritin 20 m daha yakına düşmesine neden olurdu. “Yeni ciritleler” ise atıştan fazla etkilenmez; çünkü

daima negatif “fırlatma” momentine sahiptirler.

Burgulu Saltoların Fiziği

1996 Atlanta Olimpiyatları’nın en unutulmaz anı, Ukraynalı jimnastikçi Lilia Podkapayeva’nın, karmaşık yer hareketlerinin bir parçası olarak öne doğru çift takladan sonra yarım burgu yapmasıydı. Podkapayeva bunun için (10 üzerinden 9.887 puan ve altın madalya aldı.

Bir jimnastikçi, her keresinde kurala uygun olarak yere basabilmek için ne yapmalıdır? Bu soruyu yanıtlamak için jimnastikçinin hareketlerini yere düşen bir kedininki ile kıyaslayalım. Ağaçtan yere düşen bir kedi daima dört ayağı üzerine düşer. Olimpiyat jimnastikçisi halkaları ve paralel barları bıraktıktan sonra burgusuz bir salto atar ve bir salto daha attıktan sonra aniden bir burgu hareketi yapar ve yere dengeli bir biçimde düşer. Kedi yere dört ayak üzerine düşmek için, düşerken ortaya çıkan umulmadık durumlara karşı manevralar yapar. Jimnastikçi ise istenen sayıda salto atabilmek ve burgu hareketi için önceden plan yapar.

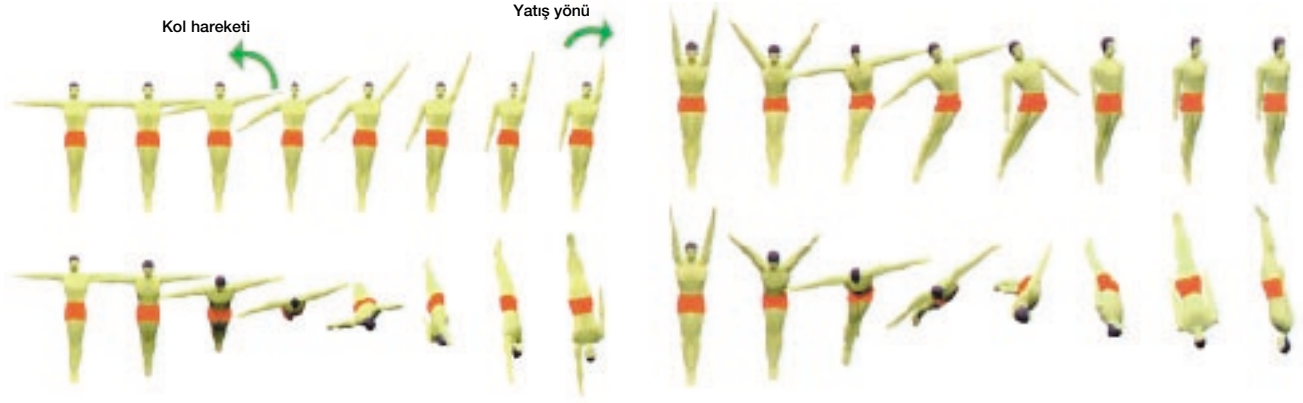
Her hareket farklı olduğundan, düşme sırasındaki ayarlamalar, hareketi her an takip ederek yapılır. Kedi gibi jimnastikçi de gözleriyle algıladı-

ğı bilgiler ve iç kulağındaki denge ayar mekanizması sayesinde uzaydaki durumundan haberdar olur.

Kediler ve jimnastikçiler ayak basacakları yeri görebilecek şekilde manevra yaparlar. Kedi ayakları yukarı bakınca, yarım burgu yaparak onları aşağıya baktırır. Benzer olarak jimnastikçi de ineceği yeri görebilmek için ikinci saltoya bir burgu ekler. Jimnastikçi, manevra sayesinde düşüşünün ikinci yarısında ayak basacağı yeri daima görme alanı içinde tutar. İlk bakışta bir insanın havadayken vücudunu nasıl buracağını anlamak zordur.

Jimnastikçinin ve kedinin havada kayma hareketi, Newton’un 2. yasasına uyar. Kütleçekim kuvveti ağırlık merkezine sürekli olarak ivme verir; havadaki jimnastik hareketlerinde havanın sürtünme direnci yok sayılabilir. Ağırlık merkezinin ilk yeri ve hızı biliniyorsa, ondan sonraki hareketler tamamen belirlenebilir.

Ağırlık, ağırlık merkezine etki yaptığından, jimnastikçi havadayken moment yoktur. Bunun anlamı, açısal momentin düşüş boyunca sabit kaldığıdır. Açısal momentin değişmemesi, jimnastikçinin vücut şekli değişirken açısal hızı belirler. Açısal hızın büyüklüğü ve yönü, vücudün eylemsizlik momentine ve kol ve bacak hareketlerinin açısal momentine bağlıdır. Böylece doğrusal hız belirlendikten sonra, açısal hız, açısal momentin sabitliğini bozmayacak şekilde değişebilir.



Asimetrik kol hareketlerinin burgu ve eğilme yapışı. Üst sıra: Açısal moment yoksa asimetrik kol hareketleri vücudun aksi yönde eğilmesine neden olur. Alt sıra: Salto sırasında asimetrik kol hareketleri önce eğilme ve sonra burgu yaratır (solda). Kalça hareketlerinin burgu ve eğilme yapışı. Üst sıra: Açısal momenti sıfır olan jimnastikçinin gövdeyi yana büküşü. Alt sıra: Salto sırasında asimetrik kalça hareketleri önce eğilme ve sonra burguya neden olur (sağda).

Açısal Momentin Rolü

1894'de Fransız buluşçu Etienne-Jules Marey bir dizi kamerayla, sırtı yere dönük olarak havaya fırlatılan bir kedinin peşpeşe fotoğraflarını çekti. Kedi düşerken bir yarım burgu hareketi yaparak dört ayağı üzerine düşüyordu. Kedinin düşerken açısal momenti yoktu ve yarım burgu sırasında da açısal momenti sıfır olarak kaldı. Peki, o zaman kedi nasıl oldu da burgu hareketi yapabildi? Bazıları bunu kedinin üst yarısının alt yarısına göre burulmasına bağlarlar. Bazı kediler, incecekleri yeri erkenden görmek için bunu yapabilirse de, omurgayı burmak burgu hareketine fazla katkıda bulunmaz.

Bu gibi deneylerde kedi, ayakları yukarı bakacak şekilde ve omurgası öne eğilmiş olarak durur; yere atılınca kedi bir yana bükülür, sırtını kamburlaştırır, sonra öteki yana bükülür ve nihayet öne eğilir. Bu hula-hup hareketinin açısal bir momenti vardır; açısal momenti sıfırlamak için tüm beden, karşıt yönde dönüş yapar.

Salto, Yatma, Burgu

Jimnastikçinin dönme hareketi salto, yan yatma ve burgu olarak bilinen üç dönüş açısıyla belirlenir. Basitleştirmek için jimnastikçinin yatay bir eksen etrafında salto attığını ve bu nedenle açısal moment vektörünün yatay olduğunu varsayalım. Jimnastikçi öne veya arkaya dönme yapar; bu dönüş, ağırlık merkezinden geçen ve uzayda sabit olan eksen etrafında-

dır. Jimnastikçi, baş ve ayaklardan geçen uzunlamasına a3 eksen etrafında sola veya sağa burgu yapabilir. Jimnastikçinin eylemsizlik momenti, vücutla beraber hareket eder ve bu eksen etrafında minimumdur.

Yan yatma açısı, vücudun burulma eksenine açısal moment vektörüne dik olan dikey salto düzlemi arasındaki açıdır.

Salto atmak için jimnastikçi, atlamadan önce açısal bir moment yaratmak zorundadır. Paralel barda jimnastikçi, çubuk etrafında büyük dairelerde sallanarak bu momenti sağlar. Bedenini dairenin en alt noktasına yakinken bükerek ve en yüksek noktasına yakinken gererek hızlanır. Sonra vücudu yatayken ve açısal momenti en büyükken çubuğu bırakır. Sıfır açısal momentin sınırları içinde kalarak hareket etmek zorunda olan düşen kedi örneğinin aksine, jimnastikçi açısal momentini sabit tutarak birçok manevra yapabilir.

Yan yatmanın salto üzerindeki etkisini anlamak için jimnastikçilerin bilgisayar modeline bakmak gerekir. Sol sayfadaki ikinci şekilde, öne salto atan jimnastikçi önden ve arkadan görünüyor. Üstten bakış başın öne, bacakların arkaya gittiğini gösteriyor. Baş ve ayaklar aynı çizgi üzerinde olduğundan "basit" saltoda saat yönünde veya bunun tersi yönde moment olmaz.

Aynı şeklin sağında, jimnastikçinin saltodan sonra uygun kol ve bacak hareketleriyle vücudunu salto düzlemine göre yana yatırdığı görülüyor. Tepeden bakıldığında, baş ve ayakların aynı çizgi üzerinde olmadığı görülür; bu nedenle jimnastikçinin saat

yönünde momenti olduğu açıktır. Toplam açısal moment sıfır olmak zorunda olduğundan, jimnastikçi saat yönündeki momenti sıfırlamak için sola burgu yapmalıdır. Bir diğer deyişle jimnastikçi havadayken yana doğru yatarak saltoya burgu ekleyebilir. Dahası, jimnastikçi yan yatışa son vererek düşey salto düzlemine gelene kadar burgu yapmaya devam edebilir.

Eğilme İçin Asimetrik Kol Hareketleri

Jimnastikçi bulunduğu zeminden ayrıldıktan sonra uygun kol ve bacak hareketleriyle vücudunu yana doğru yatırır ve böylece burgu sağlar. Jimnastikçi yatık duruma gelmek için kol ve bacaklarını asimetrik olarak hareket ettirir.

Yukarıdaki şekillerin sol tarafında, üst sıra jimnastikçinin açısal momenti olmadığı bir sırada (trampolinde yukarı aşağı zıplarken) sol kolunu kaldırıp sağ kolunu indirdiğini gösteriyor. Bu saatin tersi yönündeki kol hareketi, açısal bir moment yaratır, bu nedenle vücut bunun tersi yönünde rotasyon yaparak (saat yönünde eğilerek) toplam açısal momenti sıfırlar. Alt sıradaysa jimnastikçi salto sırasında aynı kol ve bacak hareketlerini yapınca ne olduğunu gösteriyor. Yine yana yatma oluşur; fakat ayrıca jimnastikçi açısal momenti sabit tutmak için burguyu hızlandırır. Benzer olarak asimetrik kol hareketleri eğilmeyi kaldırmak ve burguyu sonlandırmak için kullanılabilir.

Trampelen atlamadaysa, sporcular trampeleni terkettikten sonra asimetrik kol hareketleri yaparak burgu sağ-larlar ve burgu sırasında bir ellerini başları üzerinde tutmaya devam ederler. Öne salto atan sporcular 1, 2, 3, ve 4 burgu yaparak suya dalmadan önce su yüzeyini görürler. Ters salto atanlarsa aynı nedenle yarım, bir tam bir yarım, iki tam bir yarım, ve üç tam bir yarım burgu yaparlar.

Düz salto atarak dalanlar, dalışın sonlarına doğru kol hareketlerini tersine çevirerek eğilmeyi düzeltirler ve suya dikey dalabilirler. Ters saltoyla dalışlarda kolların durumu (bir kol yukarıda, bir kol aşağıda) burgu sırasında tersine çevrilmelidir. Bu hareket sırasında sporcu kollarını vücuda yakın tutarak eğilme açısının ve burgu hızının etkilenmesini önler. Burgunun bitmesine yakın, doğru kol başın üzerindeyken aşağıdaki kolu yukarı kaldırmak ve yukarıdaki kolu aşağı indirmekle eğilme kolayca düzeltilebilir.

1970'lerde Teksas Üniversitesi'nden C. Frolich ve Moskova Pedagoji Enstitüsü'nden asimetrik kol-bacak hareketlerinin öne salto sırasında neden burgu oluşturduğunu teorik olarak açıkladılar. 1980'lerde Pennsylvania Üniversitesi'nden N. Pike, öne dalışta burgu oluşmasını bilgisayarda taklit etti. Brüksel Özgür Üniversitesi'nden B. van Gweluche, ters saltoda tam burgu oluşmasını bilgisayar simülasyonu ile gösterdi.

Asimetrik Kalça Hareketleriyle Burgu

Yer jimnastikçileri, havada akrobasi yapanlar ve trampolenden atlayanlar kalça hareketleriyle yana yatış oluşturabilirler. Bunun için vücut, kalçalardan öne bükülür ve düz salto atarken asimetrik olarak düzleştirilir. Öne bükülmüş vücut düzleştirilince, kalça yana bükülür. Sağ taraftaki şekildeyse, üst sırada jimnastikçinin açılma momenti yokken kalça hareketi yapmasını gösteriyor. Yana bükülme üst sıranın 4. ve 5. resimle-

rinde görülüyor. Bu noktada burgu eksen-eylemsizlik momentinin minimum olduğu başlıca eksen-bacaklara paraleldir ve dikey doğrultudan uzaklaşacak şekilde eğilme yapmıştır. Gövde düz hale getirilince eğilme kaybolur; çünkü çok az burgu oluşmuştur ve vücut hala öne bakmaktadır.

Burgu Tekniklerinin Analizi

Burgu hareketleri için bir bilgisayar modeli geliştirildi. Model, 10 eklemle birleştirilmiş 11 vücut parçası içerir: Dirsekler, omuzlar, dizler, kalçalar ve omurgada iki eklem. Modelin parametreleri kütle, ağırlık merkezinin yeri ve vücut kısmının başlıca eylemsizlik modelleridir.

Bir jimnastik hareketinin simülasyonunu yapmak için açılma momenti, vücudun başlangıçtaki durumunu ve her eklem hareketlerinin zamanla ilişkisini bilmemiz gerekir. Bilgisayar programı, üç yön açısının açılma momentinin sabitliğine bağlı denklemlerini çözer. Sonra program bu değişim hızlarını kullanarak salto, yana yatış ve burgu açıları zamanın fonksiyonu olarak gösterir.

30 yıl kadar önce trampolin hareketlerinin en karmaşığı, burgulu çift saltoydur. Bugünse üçlü salto olağan sayılıyor. 1986 dünya jimnastik şampiyonu Rus İgon Galimbatovski ve



1999 dünya jimnastik şampiyonu İngiliz Daniel Neil, on hünherli trampolin yarışmalarında beşer adet üçlü saltoyla dünya rekorunu paylaştılar.

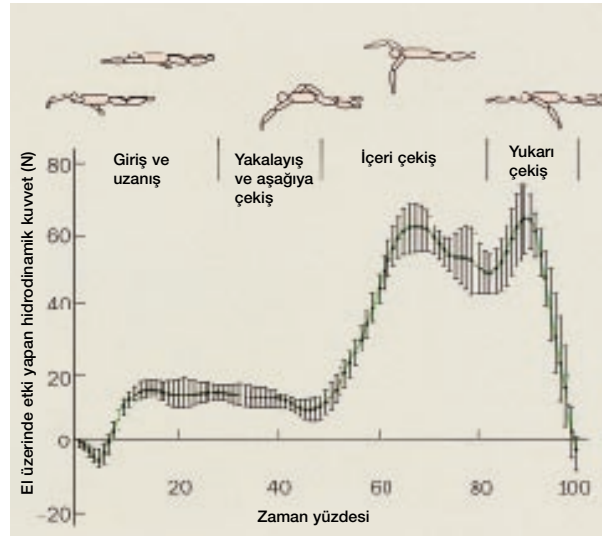
Yüzmede Hidrodinamiğin Rolü

Yüzme yarışlarında atletler iki kuvvetin etkisindedirler. Suyun yüzücüye gösterdiği direnç ve yüzücünün sağladığı ilerleme gücü. Su havadan 800-1000 kat daha yoğun olduğundan su sporlarında direnç, havadan daha büyük rol oynar. Yüzücüler direnci azaltmaya ve ilerleme gücünü arttırmaya çalışırlar.

Yüzmede direnci, yüzücünün hacmi ve vücut biçimi, örneğin hareket doğrultusuna göre gövde, kol ve bacakların durumu etkiler.

Suda üç türlü direnç vardır: Biçim direnci, dalga direnci ve yüzey direnci. Genellikle bunlardan en önemlisi biçim direncidir. Bu, yüzücünün ön ve arka yarısındaki basınç farkından doğar. Biçim direncinin büyüklüğü, yüzücünün hacim, biçim ve hızına ve yüzücü vücudunun suya göre aldığı doğrultuya bağlıdır.

Dalga direnci, yüzücünün su yüzeyine yakın yüzerken oluşturduğu dalgalara bağlıdır. Yüzücünün vücudu suya kuvvet uyguladığında dalgalar oluşur; bu dalgalar yüzücüyü

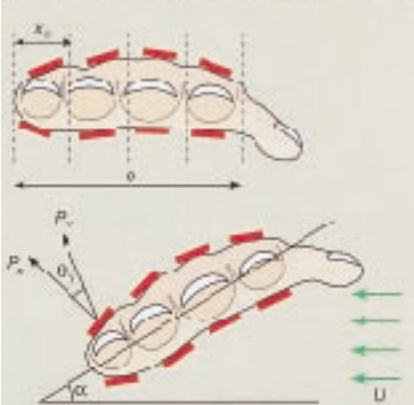


Öne krol sırasında basınç ölçmeleri: Ele etki yapan hidrodinamik kuvvet beş tam krol kulacının ortalaması olarak verilmiştir. Üstteki resimler kulaç atmak sırasında kol hareketlerini gösteriyor. Maksimum kuvvet kulacın sonuna doğru kol aşağı ve yukarı giderken oluşur.

yavaşlatıcı bir etki yapar. Yüzey direnci, yüzücüyü en az etkileyen dirençtir. Bu direnç suyun yüzücünün vücut yüzeyi boyunca akmasından doğar. Yüzey direnci suyun vücuda göre hızına, vücut yüzeyine ve yüzeyin pürüzsüz oluşuna bağlıdır.

Suyun direncinin yüzmeye etkisi 1900'lerden beri inceleniyor. 1905'de İskandinavyalı fizyolog R. Du Bois Raymond bir gölde birçok yüzücüyü bir kayıkla çekerek bir dinamometreyle suyun yüzücüye gösterdiği direnci ölçtü. Yüzücüler yüzme hareketleri yapmadan hareketsiz duruyorlardı. Bu nedenle ölçülen direnç pasif dirençti; bu direnç yüzen bir yüzücüye karşı suyun gösterdiği aktif direnci yansıtmaz. Aktif direnç biçim, dalga ve yüzey dirençlerinin toplamıdır. Bu direnç ölçme, yüzücü yüzerken, onun yüzme hareketlerine engel olmadan yapılmalıdır. Bunu yapmak için iyi bir yöntem bulunamamıştır; bu nedenle bu alandaki ilerlemeler yavaştır.

Son 25 yılda aktif direnç dolaylı yöntemlerle ölçülmeye çalışıldı. Amsterdam Özgür Üniversitesinden S. Kolmogorov aktif direnç ve hızı, yüzücüye bağlı mekanik cihazlarla veya yüzücünün ittiği kısa küreklerle ölçmeye çalıştılar. Sonuçlar saniyede metre ve newton olarak ifade edildi. Her çalışma farklı hızlarda yüzen



Basınç ölçülmesi: a) Elin önüne ve arkasına konulan 8 basınçölçerinin fotoğrafı. b) Her basınçölçer, n_1 yüzeyine dik P_n basıncını ölçer.

farklı yüzücülerde yapıldığından kıyaslama olanaksızdı. Bu nedenle yüzücünün hacminden etkilenmeyen direnç katsayısı bulundu.

Dalga Direnci

Dalga direnci, yüzücü hava-su temas yüzeyine yakın yüzerken olur. Bu direnci azaltmak için yüzücü gövdesi suyun altında olarak yüzmelidir. Bu nedendir ki bazı yüzücüler sırtüstü ve kelebek stili yüzmelerde ilk dalıştan sonra 30 m. su altında yüzerler. Son zamanlarda bu mesafe FINA (Uluslararası Yüzme Birliği) tarafından 15 m'ye indirildi. Yüzücü yüzeye yaklaştıkça dalga direnci artar.

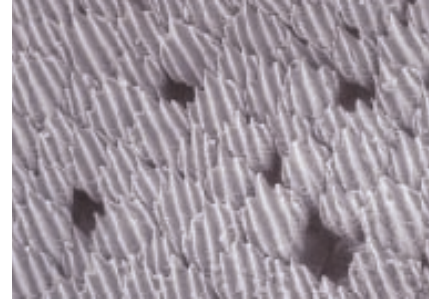
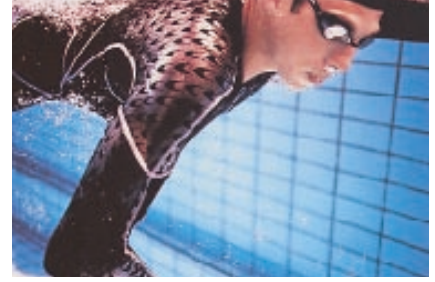
Son zamanlarda Japonya'da Mie Üniversitesinden Y. Shimizu ekibi bir yüzücü modeli kullanarak "direnç arttırma faktörü"nü derinliğe bağlı olduğunu gösterdi. Bu deneyde derinlik su yüzeyinden modelin omurgası üzerinde kürek kemiklerine yakın bir noktada incelendi. 0.5 m/saniye ile 1.6 m/saniye gibi düşük hızlarda direnç katsayısı, yüzeyde derinlikten daha azdır. Fakat 1.9-2m/saniye gibi hızlarda direnç katsayısı yüzeyde derinlerden daha fazladır.

Geçen yıl Perth'deki Batı Avustralya Üniversitesi'nden B. Blanksby erkek şampiyonların 100 m serbest yüzüşte 1.9 m/saniye hızını aştıklarında yüzeydeki direncin derine göre % 10-15 daha fazla olduğunu buldular. Daha önce 1975'de Amsterdam Beden Eğitimi Akademisinden L. Jiskoot 1.5 - 1.9 m/saniye kayma hızlarında direncin 0.6 m derinde yüzeye göre daha fazla olduğunu gösterdiler. Bu sonuca göre yüzücüler su altı hızları yüzey hızlarından büyük olduğu sürece su altında yüzmelidir.

Köpek Balığı Derisinden Mayolar ve Yüzey Direnci

Yüzey direncinin toplam dirençteki payı azdır; fakat 1/100 saniyenin altın madalyayı belirlediği bir yarışmada yüzeydeki sürtünme direnci önemlidir.

Bu yıl Sydney Olimpiyatlarında birçok yüzücü, sürtünme direncini en aza indirecek yeni mayolar giydiler.



Köpekbalığı derisi mayo a) Köpek balığı derisinin U biçimi şeritlerini taklit eden yeni tüm vücut mayosu. Bu şeritler girdaplar oluşturarak suyu vücuda yaklaştırır ve bu yolla suyun yüzücüye gösterdiği direnci azaltır. b) Köpek balığı derisinin taramalı elektron mikroskopunda görünüşü

Bu mayo yüzücüde olabildiğince geniş bir yüzeyi kaplar ve vücuda sınıksız yapışır. Kumaş dikey reçine şeritleri üstüne köpek balığı derisinin özelliklerini taşıyan bir dokumadan ibarettir.

Köpek balıkları üzerinde taramalı elektron mikroskopunca yapılan incelemelerde, derinin şeritler içerdiği bulunmuştur. Şeritler, dikey su girdapları veya su spiralleri oluşturarak suyu yüzücünün vücuduna daha çok yapıştırır ve suyun yüzmeye karşı direncini azaltır; buna Ribblet etkisi deniyor. Ribblet deri araştırmaları, NASA'nın Langley Araştırma Merkezi'nde yapıldı ve 1987 Amerika kupasını kazanan "Yıldızlar ve Şeritler" (ABD bayrağının sembolü) yatında kullanıldı.

Son 10 yılda araştırmacılar, bu kavramın mayolara uygulanabilmesi üzerinde çalıştılar. Yeni lifler ve yeni dokuma teknikleri sayesinde bu tip mayolar yapılabilir. Butün vücuda giyilen bu tip mayolar, yüzücünün vücudunu suya en az direnç gösterecek hale getirir. Bu tip mayoları yapan Speede firması, bu mayoların diğer mayo tiplerine oranla sürtünme direncini %8 daha azalttığını gösterdi.

Çeviri: Selçuk Alsan

Kaynaklar
Haake, S., Physics, "Technology and the Olympics", *Physics World*, Eylül 2000
Yeadon, F., "The Physics of Twisting Somersaults", *Physics World*, Eylül 2000
Sanders, R., Takagi, Hidegi, "Hydrodynamics Makes a Splash", *Physics World*, Eylül 2000