



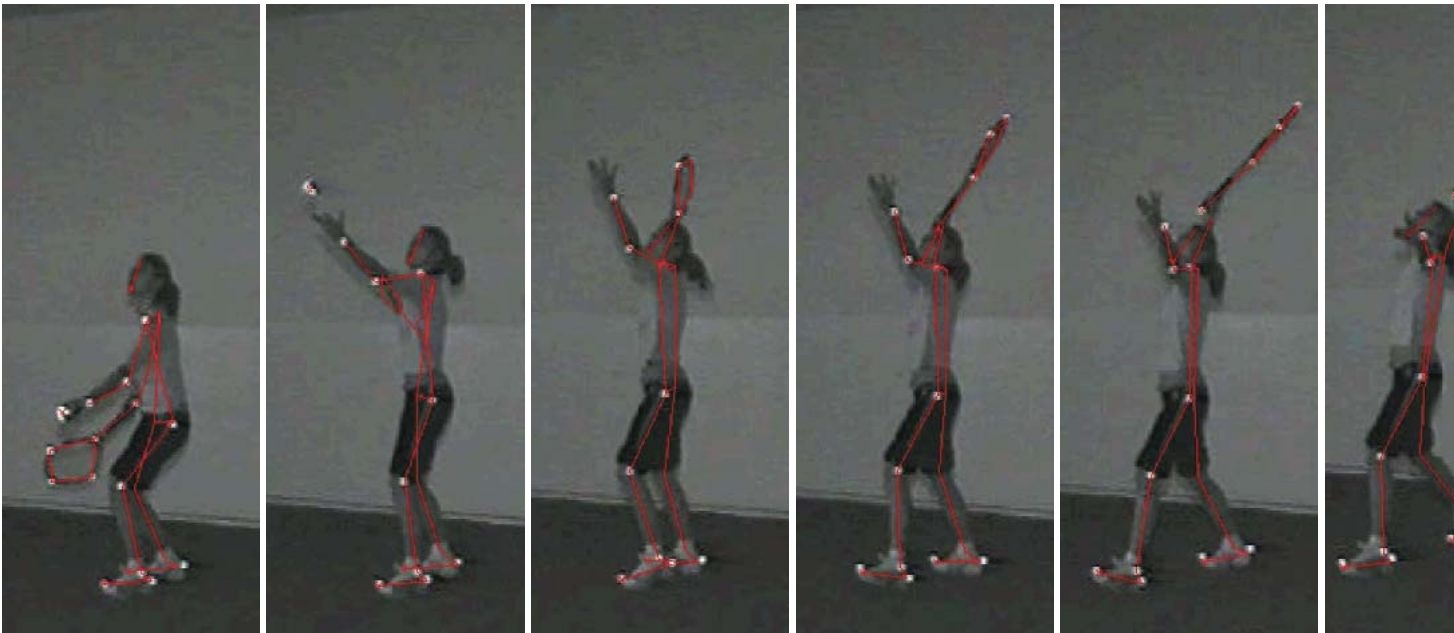
GÖRÜNTÜNÜN SAYISALLAŞTIRILMASI SPORUN BİYOMEKANİĞİ

Sporda rekorların kırılması gittikçe zorlaşıyor. Olimpiyatlar bile kırılmayan rekorlardan dolayı renksiz geçme-ye başladı. Kırılan rekorlar da artık sa-liselerle belirleniyor. Bu nedenle per-formans artırmada atılan her adımın büyük önemi var. Sporcular per-formanslarını artırmak için daha verimli

antrenman yapmaya çalışırken, ant-renörler ve bilimadamları da yeni araş-tırmalar ve uygulamalarla sporcuya katkı sağlamaya çalışıyorlar. Bu uygu-lamalardan biri de biyomekanik...

Spor yaparak kas ve iskelet sistemi-nin çalıştırılması kuvvet, hız, dayanıklı-lık gibi yeni beceriler kazanılmasını,

var olanların da geliştirilmesini sağlı-yor. Eski zamanlarda spor, yalnızca in-san vücudunun geliştirilmesi ve vücu-dun dayanıklılık sınırının belirlenmesi gibi amatör amaçlar için yapıyordu. Günümüzdeyse, sponsorların devreye girmesi ve büyük miktarlarda maddi yatırımlar yapılmasıyla tek amaç belir-

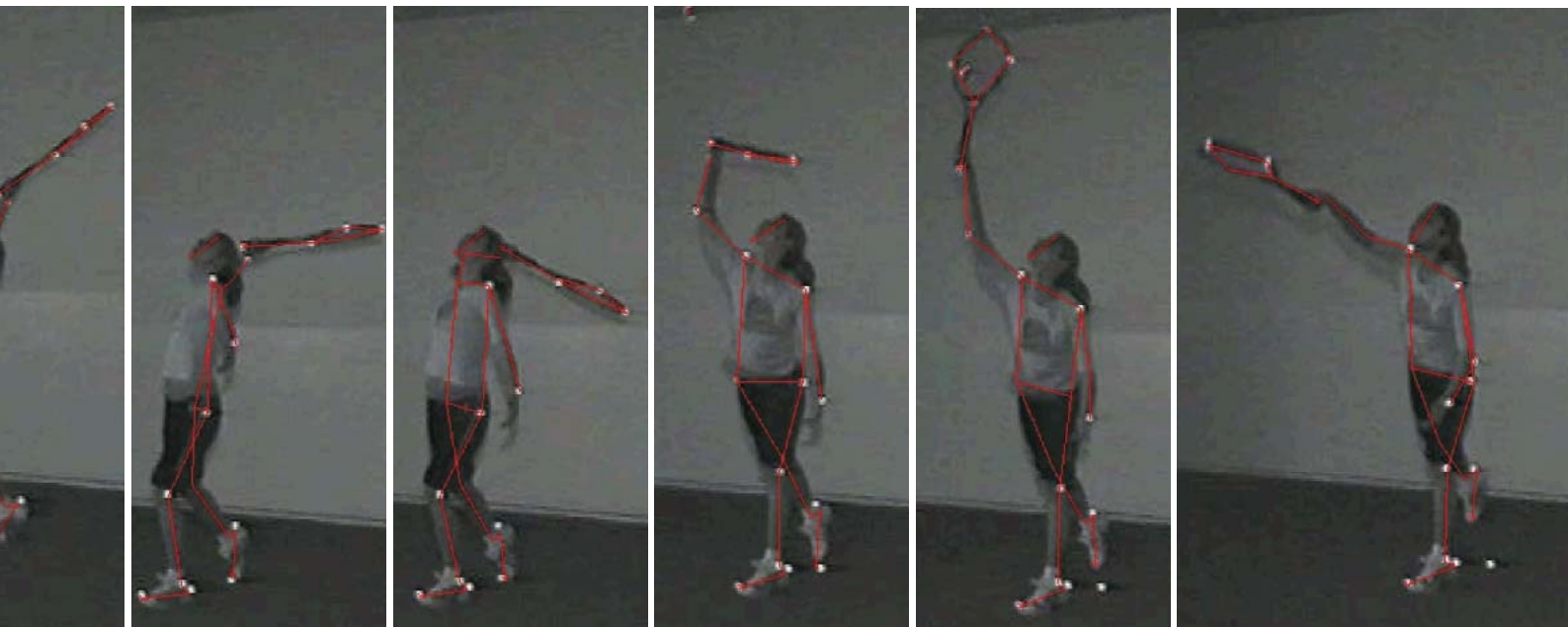




lendi: "Ne olursa olsun kazanmak". Bunun için de eldeki tüm imkanlar sonuna kadar kullanılıyor. Üst düzey bir sporcuyla artık, yalnız antrenörü değil, doktoru, menajeri, diyetisyeni, masörü, psikologu ayrıca ilgileniyor. Sporcunun tüm gereksinimlerini karşılayarak yalnızca yarışlara yoğunlaşmasını sağlıyorlar. Zaten başarı da ancak böyle yakalanabiliyor. Bunların yanında, bilimsel antrenman programları, değişik fizyolojik ve biyokimyasal testler de devamlı olarak yapılıp, uygulanan beslenme ve antrenman biçimleri de kontrol ediliyor. Örneğin, sporcunun kan değerlerinde bir düşme olursa, ona göre bir beslenme programı düzenleniyor. Antrenmandaysa performans artırıcı denemeler ve uygulama-

lar yapılarak performansın artması sağlanmaya çalışılıyor. Saliseler ve santimetreler önemli olduğundan, teknoloji burada da sonuna kadar kullanılıyor. Saniyede 2000 kare görüntü alabilen video kameralar ve bunları sayısal değerlere çözümleyen yazılım programları sayesinde, sporcunun tüm hareketleri incelenebiliyor. Bu görüntülerin yorumlanmasında fizik yasalarından yararlanıldığından, sporcunun hızı, ivmesi, uyguladığı kol, bacak kuvvetleri, grafik halinde sayısal olarak bulunabiliyor. Tüm bunlar biyomekanik bilim dalının temelini oluşturuyor. Dolayısıyla biyomekaniğe, mekanik kanunlarının biyolojik sistemlere uygulanması tanımı yapılabilir. Biyomekanikten spor bilimleri, tıp ve diş hekim-

liği gibi birçok bilim dalı da fazlasıyla yararlanıyor. Burada biyomekaniğin yalnızca spor yönünü ele alacağız. Spor biyomekaniğinde temel amaç, antrenman yoluyla spor tekniğinin ve becerilerinin geliştirilmesi. Biyomekanik çalışmalarla, sporcunun veriminin artırılması (daha az enerjiyle çok iş yapılması), güvenliği (sakatlanmaların önlenmesi) ve yeni antrenman tekniklerinin geliştirilmesi sağlanıyor. Peki biyomekanik bir uygulama nasıl yapılır? Görüntü nasıl sayısal hale getiriliyor? Bunun için bu uygulamaların yapıldığı Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu'na gittik. Burada, Biyomekanik Araştırma Grubu tarafından dergimiz için tenis sporunun biyomekanik bir uygulaması





BTD: Biyomekanik laboratuvarında hangi tip çalışmalar yapıyorsunuz?

Yrd. Doç. Dr. Serdar Arıtan: Burada hareketin her yönüyle ilgileniyoruz. Ancak sportif hareketi öncelikli olarak inceliyoruz. Sportif harekette, günlük yaşamda kullanmadığımız hareket biçimleri var. Örneğin, herhangi bir kimse, haltercinin kaldırdığı ağırlığı günlük yaşamda kaldırmıyor. Bizim içinse bu ilginç bir konu. Burada insanın sınırlarını bulmaya çalışıyoruz. Böyle olunca, doğal olarak sporcu grubu elit sporculardan oluşuyor. Bir sportif hareketin biyomekanik analizinden söz ettiğimizde, yapılan çalışmaya bağlı olarak tüm bedenın yanında yalnızca kol, el ve bacak gibi bölgesel incelemeler de yapıyoruz. Çalışmalarımız daha çok, atletlerle (üç adımçı, sırıkçı, gülleciler, uzuncular) ve halterciler üzerinde yoğunlaşıyor. Halterde Halil Mutlu ve Naim Süleymanoğlu'yla çalışmalarımız var. Halil'le şu an çalışmalarımız devam ediyor. Halter Milli Takımı antrenörlerinden Çınar Yazıcı yüksekokulumuzda öğretim elemanı olarak çalıştığından, Halter Milli Takımı'yla organik bir bağımız var ve onlarla çok rahat çalışabiliyoruz. Genelde biyomekanik analiz dendiğinde antrenörler çekiniyor ve hata aradığımızı düşünüyor. Aslında biz de hata arıyoruz, ama insan gözünün görmediği detayları arıyoruz ve ölçebiliyoruz. Örneğin, ilgi duyduğumuz harekette yer değiştirme ve ivmeyi hareket analizi yardımıyla ölçüp hesaplayabiliyoruz. İvmeyi de hesapladıktan sonra, hareket sırasında meydana gelen kuvvetleri de ters dinamik yaklaşımıyla hesaplayabiliyoruz. Bunların sonucunda, antrenör ve sporcuya elde edilen veriler sunuluyor ve bu veriler doğrultusunda antrenör ve sporcu antrenman programını yönlendiriyor.

Biyomekanik, performansı artırmak için yapılması ve yapılmaması gerekenleri sporcu ve antrenörüne mekanik kavram ve yasalar yardımıyla açıklar. Örneğin, tenis için, tenisçi topa hangi hız ve açıda dirseğini saklatmadan topa vurmali? Topla zamanlamasını nasıl yapmalı? Topu ne kadar yukarı atmalı ve o sırada ne kadar hızla hareket etmeli? Böyle bir durumda programın etkinliği gözlenebilir ve değerlendirilebilir.

BTD: Hareket analizi çalışması ne kadar zaman alır?

SA: Çalışmanın iki aşaması var. Birincisi görüntünün kayıt aşaması. Bunu laboratuvar ortamında ya da yarışma ortamında gerçekleştirebiliriz. Yarışmalarda çekim yapmak daha zor. Işık ve kamerayı iste-

ğimiz yere yerleştiremiyoruz. Laboratuvaradaysa bu gibi sorunlarımız olmuyor. İkinci aşamasıysa bu bilgilerin bilgisayarlarda işlenmesi. Burası, en fazla emeğin yoğun olduğu ve tecrübenin gerekli olduğu kısım. Çektiğimiz görüntülerde gerekli bölümleri çalışmaya başlıyoruz. Daha sonra ilgi duyduğumuz antropometrik noktaların sayısallaştırma işlemi geliyor. Bunu da iki şekilde gerçekleştirebiliyoruz. Laboratuvardaki görüntüleri otomatik olarak sayısallaştırabiliriz. Çünkü sporcunun üzerine otomatik izleme için "belirteç" koyabiliyoruz. Ancak, müsabakalarda sporcu üzerine bunları yerleştirmemizin imkanı olmadığı için, bu noktaları kendimiz belirlememiz gerekiyor. Bu da, her bir kayıt için (saniyede 50 görüntü aldığımız düşünüldüğünde) oldukça uzun bir işleme zamanı gerektiriyor. Basit bir hesaplama, bir tüm insan modelinin 18 adet antropometrik noktadan oluştuğunu varsayarsak ve iki kamerayla görüntü aldığımız düşünüldüğünde, $18 \times 2 = 36$ antropometrik nokta işaretlemek gerekiyor. Saniyede 50 görüntü aldığımızı göre, $50 \times 36 = 1800$, yani bir saniyelik hareket analizi için 1800 antropometrik noktanın işaretlenmesi gerekiyor. Sayısallaştırma işleminden sonra, işlenen verilerde oluşabilen hatalar bazı filtreleme ve yumuşatma algoritmaları yardımıyla azaltılmaya çalışılıyor. Bu dönüşümlerin matematiksel işlemlerin sonunda, sporcu ve antrenörün doğrudan yararlanabileceği veri ve grafiklere erişiyoruz. Örneğin, tenisçinin raketinin hızı, dirseğinin açılma hızı, vuruş sırasındaki ağırlık merkezinin yer değiştirmesi gibi. Teniste bir servis vuruşu, 1-1,5 saniyelik bir zaman alıyor. Bu durumda her bir kamera için 100'er görüntü aldığımızı düşünürsek, bu görüntülerin işlenmesi tecrübeli operatör için 2-3 saat kadar sürüyor.

BTD: Biyomekanik çalışmalar ne sürede sporcuya geri döner?

SA: Öncelikle sporcunun ve antrenörünün onların tarafında olduğumuza inanıyor olması gerekiyor. Hataların düzeltilmesi için de antrenörle birlikte yeni bir antrenman programı hazırlanabilir. Bir süre sonra sporcu tekrar incelenip, uygulanan antrenman programının etkinliğine bakılabilir. Amaca yönelik antrenman programı tekrar düzenlenebilir. Bu sebeple, biyomekanik çalışmaların sporcuya dönmesi spor dalına ve antrenörün ilgisine göre değişim gösteriyor. Diğer yandan, bu laboratuvarında yaptığımız çalışmaların ağırlıklı bir kısmı hareketin temel öğelerini içerdiğinden, antrenörlerle birlikte çalışmadığımız daha

bir çok çalışmamız var. Bu tip çalışmalarda hareket analizinin yanında, kendi tasarımlarımız olan 3 boyutlu kuvvet platformu ve 8 kanallı elektromyografi cihazını kullanıyoruz. Böylece, hareket sırasında oluşan kuvvetleri ve kaslardaki aktivasyonları değerlendirecek, hareketi ayrıntılı olarak araştırıyor ve sağlık, mühendislik gibi biyomekanikğin yer aldığı diğer alanlara da bilgi üretiyoruz.

BTD: Atina Olimpiyatlarına yönelik bir çalışma var mı?

SA: Yüksekokulumuzun milli takımlara destek programı var. Bizden talepte bulunan takımlara bu hizmeti verebiliyoruz. Halter Federasyonu'yla yürüttüğümüz çalışmalar var. Bazı haltercileri devamlı izliyoruz. Bunun dışında herhangi bir çalışmamız yok. Ama milli takımlarla çalışmayı isteriz. Yaklaşık 4 yıl önce Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü'nde yaptığımız toplantıda, federasyonlara laboratuvarlarımızı tanıttık. Bundan sonra işbirliği isteği federasyonlara kaldı. Federasyonlardan bir talep gelmediği sürece bu çalışmalarını milli takımlarla yapmamızın imkanı pek yok.

BTD: Türkiye'de spor biyomekanikliği ne durumda?

SA: Türkiye'de spor biyomekanikliği konusunda pek çalışma yapılmıyor. Bizim dışımızdaki üniversitelerde spor biyomekanikliği laboratuvarı kurma çalışmaları var. Bunlara yönelik olarak her iki yılda bir düzenlenen spor bilimleri kongresinde konuyla ilgili kurslar düzenleniyor.

BTD: Dünyada biyomekanik ne durumda?

SA: Biyomekanik çok geniş bir bilim dalı. Bu genişliği, dünyada yapılan biyomekanik kongrelerindeki konu dağılımından rahatlıkla görebilirsiniz. Dünyada spor biyomekanikliği oldukça ilgi duyulan ve biyomekanik kongrelerinde kendisine yer bulan bir araştırma alanı. Örneğin, İngiltere'de Manchester Metropolitan Üniversitesi'nde bir kişi, çekik atma ve cirit atma biyomekanikliğinin İngiltere sorumlusuydu. Liverpool John Moore Üniversitesi, uzun atlama ve üç adım atmanın biyomekanikliğiyle ilgileniyordu. Loughborough Üniversitesi'ne yüksek atlama ve sırıkla atlama konusunda uzmanlaşmıştı. Yani, üniversiteler kendi içlerinde bilgi ve deneyimlerine göre destekleyecekleri alanları federasyonlarla anlaşarak paylaşmışlardı. Amerika'da durum daha farklı, federasyonların kendi içlerinde araştırma grupları var. Ayrıca, özel sektör de bu tip araştırmaları yapıyor. Avrupa'daysa spor biyomekanikliği çalışmaları daha çok akademik düzeyde gerçekleşiyor.

hazırlandı. Uygulama için de tenis sporcusuyla aktif olarak uğraşan bir sporcu seçildi. Sonra uygulamanın yapılacağı yere geçtik. Burası yüksekokulun zemin katındaki atletizm salonu. Biyomekanik bir uygulama için, öncelikli

olarak üç boyutlu bir görüntü gerekiyor. Bunun için de en az iki video kamera gerekli. İki kamerayla, görüntüsü alınacak sporcuya belirli açılardan bakarak aynı anda iki yönlü görüntü alınabiliyor. Ancak, kameraların "örtücü hızının (shutter speed)" ayarlanabiliyor olması gerekiyor. Bu özellik, görüntünün bir an için donmasını sağlıyor. Buradaki görüntü kaydı sırasında kameraların örtücü hızı 1/500. Yani, saniyenin 500'de 1'i (2 milisaniye) gi-

bi bir zamanda görüntünün kaydının yapılmasını sağlıyor. Bu uygulamadaysa 1 saniyede alınmış 50 görüntü için analiz yapılacak. Kameralar yerleştirildikten sonra, sporcunun antropometrik noktalarına belirteçler takıldı. Sporcuyla birlikte tenis topu ve raketi de ayrıca işaretlendi. Belirteçler görüntü alırken ışık verdiğinden, görüntü bilgisayarda işlenirken eklem yerleri gibi önemli noktaların belirlenmesinde kolaylık sağlıyor. Sonra sporcudan birkaç defa servis vuruşu yapması istenerek gerçek görüntüler kamera kaydedildi. Salondaki işler bittikten sonra görüntünün işleneceği biyomekanik laboratuvarına geçilerek görüntüler bilgisayara aktarıldı. Biyomekanik analiz için, ekrandaki görüntü üzerinde birçok işlem yapılmasını sağlayan çeşitli bilgisayar programları var. Burada APAS (Ariel Performance Analysis System) adlı program kullanıldı. Biyomekanik analize başlanırken, ilk olarak sporcunun vuruş anında alınan görüntülerinden bir bölümü seçilerek üzerinde işaretlenmeler yapılıyor. Sporcunun ayakları, bacakları, gövdesi, kafası, kolları ve elleri, eklem yerlerinden “çubuk adam” olacak biçimde işaretleniyor. Bu çubuk adam, görüntüyle birlikte hareket etmeye başlıyor. Bir sonraki aşamada, sporcunun görüntüsü tümüyle kaldırılıyor. Ekranda yalnızca çubuk adam kalıyor. Sporcunun vuruş anındaki gerçek görüntüsü, artık çubuk adam olarak hareket ediyor. Bu aşamadan sonra program yardımıyla istenilen fiziksel ölçüler belirlenebiliyor. Tenisçinin dir-



Bu sporcunun üzerindeki noktaların, uzaydaki konumlarını bilinmediğinden kalibrasyon (ayarlar) kafesi yardımıyla, kafesin üzerindeki bilinen noktalarla, sporcunun üzerindeki bilinmeyen noktaların yerleri tahmin edilerek bulunabiliyor.

sek açısı, el bileğinin konumu, raketin konumu ve hızı, omuzla raketin arasındaki uzaklık ve açı ölçülebiliyor. Sporcu üzerindeki görülen her bir nokta bir referans olduğundan noktalar arasındaki uzaklık ve açı, ivme, ağırlık merkezi gibi değerler de kolaylıkla hesaplanabiliyor. Bu çalışma sonunda, tenisçinin topa vuruş anında, topun hızı 2,42 m/s, raketin hızı 5,37 m/s (raketin orta noktasının hızı 'sweet spot'), tenisçinin dirseğinin açısal hızıysa 448 derece/s = 2,48 [π] rad/s olarak bulundu. Bunların yanında, vuruş anında rakete uygulanan kuvvet, dizlerin yaptığı açı gibi değerler de hesaplanabiliyor. Peki, elde edilen ölçüler nasıl değerlendirilip sonuç alınıyor? Tek bir biyomekanik analiz sadece ölçümleri veriyor. Sporcunun başarısı içinse uzun dönemli bir çalışma gerekli. Belirli aralıklarla elde edilen ölçümler, sporcunun performansının ne durumda olduğunu gösteriyor. Öncelikle sporcu, antrenörünün hazır-

lamış olduğu programla antrenmanlarına başlar. Başlangıçta ilk biyomekanik analiz yapılarak ölçümler alınır. Belirli zaman aralıklarında da yeni ölçümler alınarak daha öncekilerle karşılaştırılır. Örneğin, sporcunun servis atışında, topun hızının zaman içinde artması gerekir. Artmıyorsa ya da istenilen düzeyde artmıyorsa, yapılan antrenmanda değişikliğe gidilir. Tenisçiden değişik açılarda vuruş yapması istenerek, kolunun omzuyla en hızlı ve isabetli vuruş yaptığı açı belirlenir. Bundan sonra da devamlı o açıda vuruş yapması çalıştırılarak en fazla verim alınmaya çalışılır. Bu ve bunun gibi, antrenörün gözle göremediği birçok rakamsal değer biyomekanik analizlerle belirlenebilir. Bulunan değerler, sporcunun kendi değerleriyle karşılaştırılabilir. Böylece, sporcunun hangi tekniklerde başarılı olduğu, performansı hangi tekniklerin etkilediği belirlenerek sporcu yönlendirilebilir. Dikkat edilmesi gereken bir etken de sporcunun yaşı. Sporcu, belirli bir yaştaysa kolunun vuruş açısını değiştirmek yarar sağlamayabilir. Onun yerine vuruş hızını artırıcı çalışmalar daha verimli olur. Spordaki biyomekanik uygulamalar, tenisle sınırlı değil. Bu uygulamalar, futbol, jimnastik, halter, yüzme, basketbol, disk atma, güle atma, cirit atma, yüksek atlama, sıırıyla atlama, üç adım atlama gibi teknik özellikleri fazla olan spor dallarında performans artırmada çok önemli roller oynuyor. Ancak, bir spor dalının biyomekaniği çalışılırken yalnızca sporcunun ve sporcunun teknik hareketlerinin analizini çıkarmak yetmiyor. Biyomekanikçi, antrenör ve sporcuya birlikte çalışılması gerekiyor. Ayrıca bu analizlerin yanında, sporcunun fiziksel ve fizyolojik özellikleri, psikolojisi, yarışmaya motivasyonu, başarı için gerekli olan diğer etkenler.

Biyomekaniğin Diğer Kullanım Alanları

Sporda biyomekanik çalışmalar, yalnız analizlerle sınırlı değil. Spor aletleri ve spor giysileri de biyomekanik çalışmalar kullanılarak daha uygun ve verimli hale getiriliyor. Örneğin, futbolda son dünya kupasında kullanılan “fevernova” topu, biyomekanik bir çalışma ürünü. Bu top diğer toplarda kullanılan tek bir ‘iç’ yerine daha dayanıklı birçok baloncuk kullanılarak üretildi. Dış kısmındaysa üç katlı sentetik köpük tabakası kullanıldı. Bu özellikler futbolcuların topa vuruşlarında avantaj sağlıyor. İç kısımdaki küçük baloncuklardan dolayı top rüzgardan

daha az etkilenecek istenilen yere daha kavisli halde gidebiliyor. Bu durumdan tek olumsuz etkilenenlerse kaleciler. Bunun yanında spor giysileri tasarımı da devamlı bir gelişme var. A Milli Futbol Takımı’nın son kullandığı forma, 155 gram ağırlığında ve rüzgar geçirmiyor. Yüksek hızda yapılan hız pateni, kayak, bisiklet gibi sporlarda da aerodinamiğe dayalı yapılan biyomekanik ürünler kullanılıyor. Hava sürtünmesini en aza indireyecek biçimde üretilen bu ürünler sayesinde de sporcu performansının artması sağlanıyor. Yüzme yarışlarında artık yüzücülerin tüm vücutlarını kaplayan mayolar giydiği ni görüyoruz. Bu, yüzmeyi yavaşlatıyor gibi görünse de mayo üzerindeki özel kanallar sayesinde daha hızlı gidilmesini sağlıyor.

Yazı ve Fotoğraflar
Bülent Gözcelioğlu

Kaynaklar
http://www.biomech.hacettepe.edu.tr
Bartlett R., Introduction to Sports Biomechanics London 1997
Hay G J., The Biomechanics of Sports Technique New Jersey 1993
Sefa E., Acar Y., Arıtan S., Güle Atma ve Sırık Atlamada Performans Analizi., Olimpik Antrenör., 2003/1