



Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi

Ertuğrul Gelen*

Sami Mengütay **

Mustafa Karahan ***

Özet.

Bu çalışma teniste servis atışında top hızı (SATH) ile fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörler arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılmıştır. Yaşları on altı ile yirmi beş ($18,8 \pm 2,70$ yaş/yıl) arasında değişen toplam on beş turnuva seviyesi erkek tenis oyuncusu araştırmaya alınmıştır. Çalışmada fiziksel uygunluk ölçümleri olarak boy, beden ağırlığı, deri kıvrım kalınlığı, çap, çevre, uzunluk, beden kompozisyonu, el izometrik kuvvet, dikey sıçrama, üst ekstremitte eklem hareket genişlikleri (EHG) ve izokinetik kuvvet parametreleri değerlendirilmeye alınırken, biyomekaniksel ölçümlerde de servis atışı esnasında raket başı, raket sapı, orta parmak, el bileği, dirsek, omuz ve kalça eklemlerinin üç eksen üzerindeki açısal hızları değerlendirilmeye alınmıştır. SATH ile fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörler arasındaki ilişki Pearson Korelasyon analizi ile hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmada SATH ile boy uzunluğu pozitif, mezomorfi negatif yönde; EHG' den omuz iç ve dış rotasyon, gövde hiperekstansiyon, sol lateral fleksiyon, sağ rotasyon pozitif yönde, dominant el bileği fleksiyon negatif yönde; izokinetik kuvvet özelliklerinden omuz ve dirsek ekstansiyon, omuz iç ve dış rotasyon, el bileği fleksiyon, dominant el izometrik kuvvet pozitif yönde; biyomekanik ölçümlerden Y eksen üzerindeki dirsek, el bileği, parmak, raket başı arasında pozitif yönde ilişki bulunmuştur.

Sonuç olarak; teniste yoğun olarak kullanılan fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel parametrelerin servis atış hızını belirlediği gözlenmiştir. Antrenörler bu parametreleri geliştirebilecekleri ve hızlandırabilecekleri antrenman programları ile servis atışında top hızını arttırabilecekleri düşüncesindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Tenis, servis, top hızı, fiziksel uygunluk, servis kinematığı

* Ertuğrul Gelen, Sakarya Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Y.O. (Yrd.Doç.Dr.) gelen@sakarya.edu.tr

** Sami Mengütay, Acıbadem Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bl. (Prof.Dr.) hoca.sami@gmail.com

***Mustafa Karahan, Marmara Üniv. Tıp Fak., Ortopedi ve Trav. Bl. (Prof.Dr.) drmustafakarahan@gmail.com

Analysing physical fitness and biomechanical factors that determine tennis serve performance

Ertuğrul Gelen*

Sami Mengütay **

Mustafa Karahan ***

Abstract.

The purpose of the study is to analyse the fitness and the biomechanical factors which determine the velocity of the ball during serve in tennis (VBTS). The subjects of the study were fifteen male tournament level tennis player between the ages of sixteen and twenty five ($18,8 \pm 2,70$ age/year). The physical fitness measurement of the study were; length, body weight, skinfold, diameter, circumference and length of the body, body composition, isometric handgrip strength, vertical jump, upper extremity range of motion (ROM) and isokinetic strength. The angular velocity of racket head, racket handhold, middle finger, wrist, elbow, shoulder and hip joints on three axis during serve shoot were used for the biomechanical measurement. The relationship between VBTS with physical fitness and biomechanical factors were measured with Pearson Correlation.

The analysis showed that there was significant positive relation between VBTS and length, negative relation with mesomorphy; positive relation between ROM of shoulder dominant internal and external rotation, trunk hyper-extension, left lateral flexion and right rotation, negative relation in dominant wrist flexion, positive relation between isokinetic strength characteristics such as shoulder and elbow extension, shoulder internal and external rotation, wrist flexion, handgrip isometric strength, also in biomechanical measures, positive relation between in Y axis elbow, wrist, finger and head of the racket.

As a result, fitness and biomechanical parameters that are intensively used in tennis determine VBTS. We think trainers may speed up VBTS by improved parameters and accelerated training programmes.

Key words: Tennis, serve, ball velocity, fitness, serve kinematics

* Ertuğrul Gelen, Sakarya Univer. School of Physical Education and Sport (Assist.Prof) gelen@sakarya.edu.tr

** Sami Mengütay, Acıbadem University Physical Education and Sport (Prof.Dr.) hoca.sami@gmail.com

***Mustafa Karahan, Marmara Univ. Department of Orthopaed Surg. (Prof.Dr.) drmustafakarahan@gmail.com

Giriş

Tenis sporu aerobik ve anaerobik yüklenmelerin birlikte olduğu ve aynı zamanda kuvvet, sürat, dayanıklılık, esneklik ve koordinasyon gibi biyomotorik özelliklerinde iyi bir seviyede olmasını gerektiren bir performans sporudur (Weber, 1982; Ferrauti *ve ark.*, 2002). Bu spor dalında başarılı bir performansın ortaya konulmasında, etkili bir servis atışı son derece önemlidir. Servis performansının belirlenmesinde en önemli kriterlerden biri, servis atışındaki topun hızıdır (Dangel, 1993). Tenis oyuncuları sürekli olarak rakiplerine üstünlük sağlamak için servis atışlarında top hızlarını arttırmaya çalışırlar. Profesyonel tenis oyuncularının topu oyuna sokmak için attıkları servislerde top hızlarının 250 km/h' e kadar ulaşması, günümüz dünya tenisinde servis atışını, mekanik avantajından dolayı oldukça önemli bir hale getirmiştir. Andy Roddick, 2004 tenis sezonunda 249.4 km/h' lik servis hızı ile dünya rekorunu elinde tutmaktadır (www.daviscup.com). İsabetli atış yüzdesi ile atılan yüksek hızlardaki servisler daha fazla puan kazanmaya sebep olur ki bu da bir tenis maçının kazanılma olasılığını artırır (Brody, 1988; 2003).

Servis atışlarında topun hızı, birbirine bağımlı antropometrik, biyomotorik ve biyomekanik faktörlerin kompleks bir bütün içinde olmasına bağlıdır. Bu faktörler arasında tenis oyuncusunun fiziksel yapısı, kuvveti, eklem hareket genişliği ve servis atışı esnasında eklemlerin ve raketin hızı oldukça önemlidir (Reid *ve ark.*, 2003). Sınırlı sayıda çalışma, servis atışında top hızı ile bahsedilen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel parametreler arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Cohen ve arkadaşları (1994) iyi servis atma tekniğine sahip olan tenis oyuncuları üzerinde yaptıkları araştırmalarında servis atışında top hızı ile el bileği fleksiyon, omuz fleksiyon ve internal rotasyon eklem hareket genişlikleri arasında anlamlı bir ilişki bulmuşlardır. Yapılan çalışmalarda, top hızı ile üst ekstremité izokinetik kuvvet arasında orta ile düşük seviyede bir ilişki kabul etmektedir (Ellenbecker *ve ark.*, 1991; Cohen *ve ark.*, 1994). Servis atışı esnasında kuvvetin toparlanması, bedenin üreteceği kinetik zincir sayesinde gerçekleşmektedir. Servis hareketinin başlaması ile bacak kasları tarafından üretilen kuvvet önce bele ve omuza, sonrasında dirsek, el bileği ve rakete aktarılır (Elliott *ve ark.*, 1995; Bahamonde, 2000).

Servis atışında en önemli gerekliliklerden biri olan kuvvet ve eklem hareket genişliği parametreleri, hiç kuşkusuz antrene edilmelidir. Kuvvet ve eklem hareket genişliği antrenmanlarının, tenis oyununda fonksiyonel amaçları ve atletik performansı arttırdığı çeşitli yazarlar tarafından belirtilmiştir (Treiber *ve ark.*, 1998; Ellenbecker *ve ark.*, 1988; 2002).

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Ancak antrenmanların daha verimli olarak planlanabilmesi için öncelikle servis atışında top hızına etki eden fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı; tenis oyuncularının fiziksel uygunluk özellikleri ve servis atışı esansındaki üç boyutlu kinematik parametreleri ile servis atışında top hızı arasındaki ilişkinin belirlenmesi olarak hedeflenmiştir.

Yöntem

Servis atışında topun hızı ile fiziksel uygunluk ve üç boyutlu (3B) servis kinematik parametreleri arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmada top hızı bağımlı, fiziksel uygunluk ve 3B servis kinematik parametreler bağımsız değişken olarak ele alındı. Bu araştırma kapsamında her bir tenis oyuncusu sırasıyla antropometrik, beden kompozisyonu, izokinetik ve el izometrik kuvvet, eklem hareket genişliği, 3B servis kinematik ve servis atışında top hızı ölçümlerine tabi tutuldu. Tüm ölçümler 4 oturumda yapılmıştır. Birinci oturumda deneklerin antropometrik ve beden kompozisyonu ölçümleri, ikinci oturumda izometrik ve izokinetik kuvvet ölçümleri, üçüncü oturumda eklem hareket genişliği ölçümleri, dördüncü oturumda 3B servis kinematik ve servis atışında top hızı ölçümleri yapılmıştır. Oturumlar arasında minimum 48 saat ara verilmiştir. Fiziksel uygunluk ölçümleri laboratuvar koşullarında, 3B servis kinematik ölçümleri kapalı tenis kortunda yapılmıştır.

Denekler

Araştırma, çalışmalara gönüllü olarak katılan beşi Türk milli takım oyuncusu, toplam on beş turnuva seviyesi erkek tenis oyuncu [ortalama (SS) 18.4 (3.3) yıl, 182.3 (5.6) cm, 72.2 (7.9) kg] üzerinde yapıldı. Araştırma kapsamı, ulusal ve uluslararası şampiyonalara en az sekiz yıldır katılan lisanslı sporcular ile sınırlandırılmıştır. Oyuncular, ölçümlerin yapıldığı dönemde haftada \cong 24.6 saat antrenman yapmaktaydılar. Araştırmaya katılan deneklerden 13' ü sağ elini, 2' si de sol elini kullanmaktaydı. Tüm deneklerden testlerden önceki 24 saat içerisinde yüksek şiddette egzersiz yapmamaları, alkol-kafein tüketmemeleri ve son öğünlerini en az 2 saat önce yapmaları istendi. Bütün denekler bu çalışmaya katılmaları ile ilgili olarak her türlü risk ve faydalar hakkında bilgilendirildiler ve herhangi bir teste katılımlarından önce bilgilendirilmiş izin formunu imzalamışlardır. Bu çalışma Marmara

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Üniversitesi Araştırma Etik Kurulunun (MAR-YC-2004-0030) onayı ile gerçekleştirildi ve tüm aşamalarında “Helsinki Deklarasyonuna” uyuldu.

Beden Kompozisyonu Ölçümleri

Tüm ölçümler ISAK (*International Society for the Advancement of Kinanthropometry*) tarafından geliştirilerek standardize edilmiş teknikler kullanılarak yapılmıştır (Ross ve Marfell-Jones, 1991). Tüm ölçümler aynı kişi tarafından ve deneklerin sağ taraflarından yapılmıştır. Antropometrik değişkenler beden ağırlığı, boy uzunluğu, altı bölgeden deri kıvrım kalınlığı (*biceps, triceps, subscapular, suprailiac, supraspinal ve medial calf*), üç bölgeden çevre (*flekse edilmiş kasılmış üst kol, rahat bırakılmış üst kol ve calf*), iki bölgeden çap (*humeral ve femoral epikondil*) ve dokuz bölgeden uzunluk (*üst kol, önkol, üst bacak, el, toplam kol, uyluk, calf ve toplam bacak*) ölçümlerinden oluşmaktaydı. Boy uzunluğu ölçümü 0.1 cm hassasiyetine sahip stadiometre (Holtain Ltd, England) ile beden ağırlığı ölçümü 0.1 kg hassasiyetine sahip taşınabilir baskül ile (Seca, Germany), deri kıvrım kalınlığı, uzunluk ve çap ölçümleri 0.2 mm hassasiyetine sahip kaliper (Holtain Ltd, England) ile ve çevre ölçümü çelik mezura ile (Holtain Ltd, England) gerçekleştirilmiştir. Deri kıvrım kalınlığı ölçümleri 3 kez yapılmış ve değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Beden Kitle İndeksi (BKI) beden ağırlığı/boy² formülüne göre hesaplanmıştır. Beden yoğunluğu Durnin ve Womersley (1974), beden % yağı Siri (1956) tarafından geliştirdikleri formül ile hesaplanmıştır. Somatotip, Carter ve Heath (1990) yöntemine göre, kol kas alanı da; kol çevresi (cm) – 3.14 x triceps deri kıvrım kalınlığı (mm))²/(4 x 3.14) (Frisancho, 1981).

İzokinetik Kas Kuvveti Ölçümleri

İzokinetik testler öncesinde her bir oyuncu 5 dk boyunca kol ergometresini (Cybex Inc, Ronkonkoma, USA) 900 kpm’ lik yükü saat yönünde çevirerek ısınmışlardır. Ardından sekiz ayrı izokinetik test uygulanmıştır. Bunlar; dominant taraf, omuz fleksiyon/ekstansiyon ve iç/dış rotasyon, dirsek fleksiyon/ekstansiyon ve el bileği fleksiyon/ekstansiyon. Tüm ölçümler Cybex Norm (Lumex Inc., Ronkonkoma, NY) cihazında Cybex üst ekstremite test tablosu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İzokinetik dinamometrenin kalibrasyonu testin yapılmasından önce Cybex kalibrasyon prosedürüne göre (Cybex Norm testing and rehabilitation system user’s manual, 1996) gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümlerde Newton-metre (N-m) ölçü birimi kullanılmıştır. Üst ekstremite izokinetik güç ölçümleri bilgisayar

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

programı (Humac Softwear, Computer Sports Medicine, Inc., Flemington, NJ) aracılığı ile hesaplandı. Omuz ve dirsek için 60 ve 240 derece/sn, el bileği için 30 ve 120 derece/sn' lik hızlar, konsantrik modda gerçekleştirildi. 30–60 derece/sn için iki deneme, üç tekrar ve otuz saniye dinlenme, 180–240 derece/sn için iki deneme, yirmi tekrar yapıldı. Hızlar arasında ise doksan saniye dinlenme verildi. Omuz iç ve dış rotasyon yatar pozisyonunda, kolun 90 derece abduksiyonu ve ön kolun 45 derecelik fleksiyonu ile gerçekleştirildi. Ölçümler, iç rotasyon için 60 derece, dış rotasyon için 90 derecelik eklem hareket genişliği açıları arasında gerçekleştirildi. Omuz fleksiyon ve ekstansiyon yatar pozisyonunda, kolun 90 derece fleksiyonu ile gerçekleştirildi. Ölçümler, omuz fleksiyon için 90 derece, ekstansiyon için 30 derecelik eklem hareket genişliği açıları arasında gerçekleştirildi. Dirsek fleksiyon ve ekstansiyon yatar pozisyonda, ön kolun 90 derece fleksiyonu ile gerçekleştirildi. Ölçümler, dirsek fleksiyon için 120 derece, ekstansiyon için 0 derecelik eklem hareket genişliği açıları arasında gerçekleştirildi. El Bileği fleksiyon ve ekstansiyon oturur pozisyonda, ön kolun 90 derece fleksiyonu ile gerçekleştirildi. Ölçümler, el bileği fleksiyon için 50 derece, ekstansiyon için 40 derecelik eklem hareket genişliği açıları arasında gerçekleştirildi (Ellenbecker *ve ark.*, 2002a, 2002b).

El İzometrik Kuvvet Ölçümü

El izometrik kuvvet ölçümü (statik kuvvet), standart ayarlanabilir bir el dinamometresi (Takei Kiki Kogyo, Tokyo, Japan) kullanılarak gerçekleştirildi. Maksimum el izometrik kuvveti dominant taraftan (raket eli) üç tez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir. El izometrik kuvvet ölçümünde kilogram (kg) ölçü birimi kullanılmıştır. Testin başlamasından önce tüm oyunculara testin şekli konusunda bilgilendirme verilmiş ve cihaz her oyuncunun eli için ayrı ayrı olarak ayarlanmıştır. Ölçümlerde kol, el ve beden pozisyonu American El Terapistleri Derneğinin bildirdiği yöntemle göre gerçekleştirilmiştir (Colak *ve ark.*, 2004).

Eklem Hareket Genişliği Ölçümleri

Araştırma kapsamına alınan deneklere ölçüm öncesinde testlerin amacına yönelik 20 dakikalık ısınma alıştırmaları verilmiştir. Eklem hareket genişliğinin ölçümünde standart universal goniometre kullanıldı. Tüm ölçümler belirlenen pozisyonlarda, deneklerin ulaştıkları ve iki saniye ile kaldıkları maksimal noktalardan yapıldı. Ölçüm esnasında denekler, çıplak ayak ve şortlu idi. Eklem hareket genişliklerinin goniometrik ölçümlerinde

kullanılan pivot noktaları, bu çalışmada referans olarak alındı (Norkin ve White, 1985). Goniometrik ölçümler bedenin 18 farklı bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Bunlar; dominant taraf, omuz fleksiyon, ekstansiyon, ve toplam abduksiyon; glenohumeral abduksiyon; omuz iç ve dış rotasyon 90 derece abduksiyonda; dirsek fleksiyon ve ekstansiyon; el bileği fleksiyon, ekstansiyon, radial ve ulnar deviasyon; önkol pronasyon ve supinasyon; gövde hiperextansiyon, lateral fleksiyon (sağ/sol) ve rotasyon (sağ/sol).

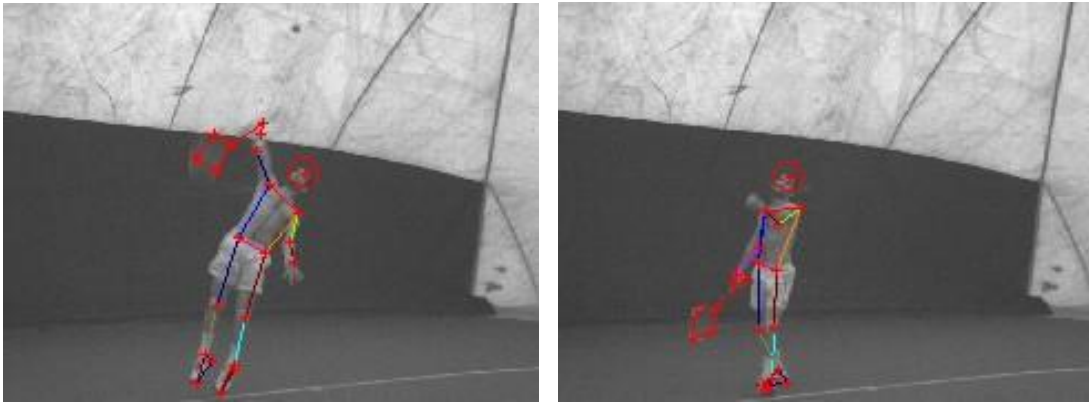
Servis Atışında Top Hızı Ölçümü

Top hızının ölçümünde, havanın etkisi kontrol altına alınabilmesi için tüm servisler kapalı bir tenis kortunda atılmıştır. Denekler, maksimal servis hızı düzeyine ulaşana kadar ($\cong 20$ dakika) ısındırılmıştır. Deneklerin ısınmasından 3 dakika sonra test aşamasına geçilmiş ve 5 maksimal hızda servis atmaları istenmiştir. Top hızının ölçümünde tabanca radar (Sports Radar, Astro Products, CA) kullanılmıştır. Top hızının ölçümünde kullanılan tabanca radar, karşı dip çizgisi servis karşılama noktasına sabitlenmiştir. Atılan servislerin, tenis kurallarına uygun olarak, çapraz servis kutusu el arkası (backhand) servis karşılama (return) noktasına atılması koşulu aranmış ve topun fileye yada servis kutusu dışına atılmasında (aut), atılan servis değer olarak kayıt edilmemiştir. Hızın geribildirimini maksimal eforun yapılabilmesi için oyunculara bildirilmiştir. Tüm servisler, sağ elini kullanan oyuncular için sol servis kutusuna (sağ taraftan), sol elini kullanan oyuncular için sağ servis kutusuna (sol taraftan) atılmıştır. Tüm tenis oyuncularına düz servis tekniğini kullanmaları belirtilmiştir ve üç tenis antrenörü tarafından değerlendirilmiştir. Veri analizi için oyuncuların maksimal hızda attığı 5 servisten en hızlı olanı (km/saat) maksimal servis (V_{max}) olarak analiz edilmiştir (Cohen ve ark., 1994).

3B Servis Kinematik Ölçümü

3B Servis kinematik ölçümleri, servis testi ile eş zamanlı olarak yapılmış olup, atılan tüm servisler kayıt edilirken, topu en hızlı olan servis analiz edilmiştir. Video çekimlerinde, 100 Hz özelliğinde üç adet senkronize edilmiş dijital yüksek-hızlı (high-speed) kamera (A602f Model, Basler, AG) kullanılmıştır. Görüntüler, üç kamera görüntüsünden gelen dijitize koordinatlar ile üç boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasında ilişki olduğu prensibine dayanan Direct Linear Transformation (DLT) yöntemi ile kalibre edilmiştir (Abdel-Aziz ve Karara, 1971). Alanın kalibrasyonunda, kenarları 70 cm olan küp kullanılmış, böylece 8 kalibrasyon noktası ve 3 koordinat (x, y, z) belirlenmiştir. Değerlendirmeye

alınacak vücut segmentleri üzerindeki anatomik noktaların ve raket üzerindeki referans noktalarının belirgin olması için, üst ekstremité işaretleme seti (16 mm çapında, 6 retro-reflektif işaretleyici) kullanılmıştır (Reid ve ark., 2007). İşaretleyiciler; vücut üzerinde dominant tarafta acromion, olecranon, styloid process ve orta metakarpal' in ucuna olmak üzere toplam dört noktaya, raket üzerinde de grip alt ucuna ve raket tepe noktası toplam iki noktaya yerleştirilmiştir. Senkronize edilmiş üç kamera tripot üzerinde servis atan oyuncuyu net görece şekilde birbirlerine 90 derecelik açılarla ve oyuncuya 5 m' lik mesafeye yerleştirilmiştir. Her üç kameradan alınan video görüntüleri, hareket analiz programı (Reality Motion System 6.2 version, SIMI, GmbH) kullanılarak üç boyutlu hale dönüştürülmüştür. Araştırmamızda servis atışı esnasında dominant acromion, olecranon, styloid process ve orta-metakarpal' in ucu, raket grip ve başının açılma hız değerleri sadece raket ile topun havada buluştuğu noktada hesaplanarak, servis atışında top hızı ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Retro-reflektif işaretleyici koordinatları

İstatistiksel Analizler

Tenis oyuncularına ait her bir değişkenin ölçüm sonuçlarına ilişkin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Tenis oyuncularının servis atışlarında maksimal top hızları bağımlı değişken olarak kabul edilirken, antropometrik, eklem hareket genişliği, servis kinematik, izokinetik ve el izometrik kuvvet değerleri bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizine göre incelenmiştir. Tüm istatistiksel işlemler Windows için SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) programı ile gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarında P değerinin 0,05' ten küçük olması durumunda, değişkenler arası ilişki anlamlı kabul edilmiştir.

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Bulgular

Tenis oyuncularına yönelik karakteristikler Tablo 1’ de gösterilmiştir. Tenis oyuncularının servis atışlarında top hızları ile boy arasında, antrenman yaşı ve haftalık antrenman saati arasında pozitif yönde ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 1. Tenis oyuncularının karakteristikleri

	Ortalama	Standart Sapma	r	p
Yaş, yıl	18.4	3.2	-.104	.713
Boy, cm	182.3	5.6	.743	.002
Beden ağırlığı, kg	72.2	7.9	.144	.610
Antrenman yaşı, yıl	9.5	2.7	.527	.044
Haftalık antrenman saati	24.6	2.4	.519	.048
Servis atışında top hızı, km/h	145.0	14.1		

Tablo 2 tenis oyuncularına ait izokinetik ve el izometrik kuvvet değerlerini ve bunların servis atışında top hızı ile olan korelasyonunu göstermektedir. Tenis oyuncularının servis atışında top hızları ile 60 derece/sn hızdaki dominant omuz ekstansiyon, iç rotasyon, dış rotasyon ve el bileği ekstansiyon, 240 derece/sn hızdaki dominant omuz iç rotasyon, dış rotasyon ve el bileği ekstansiyon, 30 and 120 derece/sn hızdaki dominant dirsek fleksiyon ve el izometrik kuvvet arasında pozitif ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 2. Tenis oyuncularına ait izokinetik ve izometrik kuvvet değerleri ile top hızı arasındaki ilişkinin analizi.

	Ortalama	Standart Sapma	r	p
Omuz, N-m				
Ekstansiyon 60°/sn	94.0	17.0	.597	.019
Fleksiyon 60°/sn	63.0	10.0	.058	.838
Ekstansiyon 240°/sn	59.2	14.2	-.223	.423
Fleksiyon 240°/sn	44.8	7.7	-.162	.565
İç rotasyon 60°/sn	42.6	12.6	.546	.035
Dış rotasyon 60°/sn	35.4	7.7	.524	.045
İç rotasyon 240°/sn	28.5	9.4	.543	.036
Dış rotasyon 240°/sn	26.4	7.2	.552	.033
Dirsek, N-m				
Ekstansiyon 60°/sn	52.0	9.9	.563	.029
Fleksiyon 60°/sn	53.0	9.8	-.128	.649
Ekstansiyon 240°/sn	32.0	8.6	.557	.031
Fleksiyon 240°/sn	31.0	7.8	-.223	.403
El Bileği, N-m				
Ekstansiyon 30°/sn	16.0	5.1	.093	.740
Fleksiyon 30°/sn	20.0	5.3	.592	.020
Ekstansiyon 120°/sn	14.4	6.9	.020	.944
Fleksiyon 120°/sn	16.7	6.7	.602	.018
El İzometrik Kuvveti, kg	44.4	3.9	.740	.001

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Tablo 3 tenis oyuncularına ait eklem hareket genişliği değerlerini ve bunların servis atışında top hızı ile olan korelasyonunu göstermektedir. Tenis oyuncularının servis atışında top hızları ile gövde hiperekstansiyon, sol lateral fleksiyon ve sağ rotasyon, omuz fleksiyon, gleno-humeral abduksiyon, iç ve dış rotasyon arasında pozitif, el bileği fleksiyon arasında negatif ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 3. Tenis oyuncularına ait eklem hareket genişliği değerleri ile top hızı arasındaki ilişkinin analizi.

	Ortalama	Standart Sapma	r	p
Gövde, derece				
Hiperekstansiyon	45.8	5.8	.590	.021
Lateral fleksiyon (sağ)	37.8	7.9	-.214	.444
Lateral fleksiyon (sol)	37.6	4.5	.624	.013
Rotasyon (sağ)	43.0	7.5	.621	.014
Rotasyon (sol)	51.3	5.8	.215	.442
Omuz, derece				
Ekstansiyon	56.8	10.2	.137	.626
Fleksiyon	177.0	7.2	.567	.025
Gleno-humeral abduksiyon	176.3	13.1	.577	.024
Internal rotasyon	89.8	9.0	.518	.048
External rotasyon	98.6	6.6	.538	.038
Dirsek, derece				
Ekstansiyon	-2.0	1.2	.358	.190
Fleksiyon	139.7	7.8	.356	.193
Supinasyon	92.6	12.6	.189	.500
Pronasyon	84.3	9.7	.010	.971
El Bileği, derece				
Ekstansiyon	71.0	6.8	-.126	.654
Fleksiyon	79.1	7.5	-.538	.039
Ulnar deviasyon	37.6	7.5	.342	.212
Radial deviasyon	28.8	6.3	.006	.982

Tenis oyuncularına yönelik beden kompozisyonu değerleri ve bunların servis atışında top hızı ile olan korelasyonu Tablo 4' te gösterilmiştir. Tenis oyuncularının servis atışında top hızları ile kol uzunluğu, calf uzunluğu ve toplam bacak uzunluğu arasında pozitif, kol kas alanı ve mezomorfî arasında negatif ilişki bulunmuştur ($p<0.05$).

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Tablo 4. Tenis oyuncularına ait beden kompozisyonu değerleri ile top hızı arasındaki ilişkinin analizi.

	Ortalama	Standart Sapma	r	p
Beden yağ yüzdesi, %	15.2	3.7	-.256	.358
Yağsız beden ağırlığı, kg	58.2	6.3	.244	.381
Beden yağ ağırlığı, kg	10.6	3.3	-.192	.492
Kol kas alanı, mm ²	37.9	3.1	-.638	.010
Beden kitle indeksi, kg/m ²	21.4	1.9	-.323	.240
Endomorf	3.2	1.1	-.294	.288
Mezomorf	3.6	1.0	-.866	.000
Ektomorf	3.6	0.9	.201	.474
Omuz-dirsek uzunluğu, cm	38.0	2.4	.260	.350
Önkol uzunluğu, cm	26.6	1.3	.117	.679
Kol uzunluğu, cm	58.6	2.6	.537	.039
Kol artı el uzunluğu, cm	75.9	3.7	-.020	.943
Calf uzunluğu, cm	4.4	2.0	.528	.043
Üst bacak uzunluğu, cm	43.7	2.5	-.244	.381
Toplam bacak uzunluğu, cm	101.5	2.9	.728	.002

Tablo 5 tenis oyuncularına ait servis atışında top ile raketin bulunduğu noktada, segmentlerin üç eksen üzerindeki açısal hız değerleriyle top hızı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Tenis oyuncularının servis atışında top hızları ile y eksenini üzerinde dirsek, el bileği, orta-metakarpal ve raket başı açısal hızları pozitif ilişki bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 5. Tenis oyuncularına ait servis atışında top ile raketin bulunduğu noktada, segmentlerin üç eksen üzerindeki (x,y,z) açısal hız değerleri arasındaki ilişkinin analizi.

		Ortalama	Standart Sapma	r	p
Omuz, m/sn	X	0.3	0.3	-.120	.671
	Y	1.5	0.4	.176	.530
	Z	0.7	0.6	.147	.601
Dirsek, m/sn	X	0.4	0.4	.140	.619
	Y	2.8	0.7	.573	.025
	Z	1.8	0.7	.060	.832
El bileği, m/sn	X	1.0	0.9	.029	.918
	Y	6.5	0.8	.566	.028
	Z	4.5	1.2	.214	.444
Orta-metakarpal, m/sn	X	1.2	1.1	-.019	.946
	Y	8.1	0.9	.552	.033
	Z	5.1	1.4	.195	.487
Raket başı, m/sn	X	4.6	3.4	.175	.532
	Y	21.1	4.8	.674	.006
	Z	9.2	4.4	.370	.175
Raket sapı, m/sn	X	1.6	1.3	-.309	.263
	Y	8.7	5.8	-.037	.894
	Z	5.4	2.6	-.216	.439

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırma, tenis servisinde topun hızı ile tenis oyuncularının fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek için yapılmıştır. Sportif performans bir bileşenler bütünüdür. Bu bütün içerisinde yer alan çeşitli bileşenlerin karşılıklı etkileşimlerinin yönü ve derecesi performansı belirler (Özer, 1993). Spor bilimcileri tarafından da desteklendiği üzere günümüzde istenilen spor dalında başarılı olabilmek, o sporun öngördüğü antropometrik uygunluğu taşımakla mümkündür (Yalçınar, 1993). Sporcuların boyları, vücut ağırlıkları, yaşları ve spor yaşları yüksek sporsal verim seviyesine ulaşabilmeleri için önemlidir. Çalışmamızda, tenisçilerin servis atışında topun hızı ile boy uzunlukları ($p<0,01$) ve antrenman yaşları arasında ($p<0,05$) bir ilişki bulunurken, yine top hızı ile yaş ve beden ağırlıkları arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır. Servis atma esnasında en büyük zorluktan biri de vücut dengesini sağlamaktır (Kermen, 1997; Scholl, 2002). Vücutça alınan her fazla kilo, vücut ağırlık merkezinin yerini değiştirmektedir (Mengütay, 1999). Bu da servis atma esnasında vücudun dengesini bozabilmektedir. Etkili bir servis, boy uzunluğu ile direkt ilişkili bir parametre olurken, antrenman yaşı servis atmadaki tecrübeyi ifade etmektedir (Elliott *ve ark.*, 2003; Kermen, 1007).

Uzun boylu tenis oyuncularını topla daha yüksekte buluşabilecekleri için kısa boylu oyunculara göre, daha büyük bir açı oluşturmaları nedeni ile avantajlı gibi gözükümlerler. Bu açı topla daha hızlı vurulması anlamına gelmektedir. Düz servislerin fileye takılmaması için, en az 254 cm yükseklikten vurulması gerekmektedir. 254 cm yükseklikte vurulan top, dikey açı aralığı sebebi ile en çok 179 km/saat hıza ulaşabilir (Brody, 1988). Kleinöder (1997) farklı seviyede, benzer boy özelliği taşıyan tenisçiler üzerinde yaptığı araştırmasında, dünya çapındaki tenisçilerin topla buluşma yüksekliklerini 274 cm, Alman lig oyuncularının ise dünya çapındaki oyunculardan 16 cm daha düşük olduğunu bildirmiştir. İki grup tenisçi arasındaki servis top hızlarının farklılığını birçok biyomekaniksel parametrenin yanında, bu 16 cm' lik topla buluşma farkından kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bu yüzden, kısa boylu oyuncular kesik servis atışlarını tercih etmektedirler. Ancak kesik servislerde top hızı düşmektedir (Brody, 1988). Daha hızlı servisler için top ile raketin buluşma noktası daha yüksekte olması gerekir ki, bu da servis topu hızı ile boy uzunluğu arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır.

Çalışmamızda, tenis oyuncularının servis atışlarında topun hızı ile mezomorfi değerleri arasında negatif ($p<0,01$) bir ilişki bulunurken, endomorfi ve ektomorfi değerleri arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır. Sporcularda mezomorfi, kassal özelliği ifade eder. Kassal özelliği gelişmiş olan sporcuların patlayıcı güçleri de gelişmiştir (Zorba, 1999). Bu çalışma için normalde beklenen servis atışında topun hızı ile mezomorfi değeri arasında pozitif yönde bir ilişkinin olması idi. Ancak kas kitlesinin gereğinden fazla büyük olması sportif branşlar için mekanik dezavantajlar sağlayabilmektedir. Bu yüzden kas kitlesinin büyüklüğü ilgili sportif branşa uygun olması beklenir. Kas kitlesinin uygunluğu, teknikleri uygulamada yeterli kuvveti üretebilen ve mekanik dezavantaj sağlamayan bir denge içinde olması gerekmektedir. Bu bilgi, servis atışında topun hızı ile mezomorfi değerleri arasındaki negatif ilişkiyi açıklayabilir düşüncesindeyiz.

Tenis servisine özgü çoklu eklem kinetik zinciri, insan bedeninin bir çok bölümünün optimal kuvvet, esneklik, zamanlama ve koordinasyonunu gerektirir. Dolayısı ile servisin performansı, birbirine bağımlı bir çok faktörün kompleks bir bütün içerisinde olmasına bağlıdır (Weber, 1982; Ferrauti *ve ark.*, 2002; Treiber *ve ark.*, 1998). Bu faktörlerin en önemlilerinden biri hiç kuşkusuz kas kuvveti ve eklem hareket genişliğidir. Tenis servisinin ayrılmaz bir parçası olan yüksek hızda kas kuvveti, bacaklardan ve gövdeden uygun düzeyde ve zamanda kollara aktarılmasını gerektirir (Roetert *ve ark.*, 1996). Groppe (1992) kuvvetlerin eklem hareket genişliği boyunca transferinin zamanlamasının tenis servisinin başarısı için çok önemli olduğunu belirtmektedir.

Sınırlı sayıda çalışma, servis atışında top hızı ile üst ekstremitte izokinetik kuvveti ve eklem hareket genişliği arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Bazı çalışmalarda, top hızı ile üst ekstremitte izokinetik kuvvet arasında orta ile düşük seviyede bir ilişki kabul edilirken (Cohen *ve ark.*, 1994; Ellenbecker *ve ark.*, 1991), bazı çalışmalarda da her hangi bir ilişki bulunamamıştır (Pugh *ve ark.*, 2003).

Bu araştırmada servis atışında top hızı ile dominant tarafta omuz ekstansiyon, iç ve dış rotasyon, dirsek ekstansiyon, el bileği fleksiyon izokinetik ve el izometrik kuvvet arasında pozitif ilişki bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun yanında üst ekstremitte eklem hareket genişliklerinden gövde hiperekstansiyon, sol lateral fleksiyon, sağ rotasyon, omuz fleksiyon, abduksiyon, iç ve dış rotasyon eklem hareket genişlikleri servis atışında top hızı ile pozitif

yönde ilişkili bulunurken ($P<0.05$); el bileği fleksiyon eklem hareket genişlikleri arasında ($R^2 = -0.538$) negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Servis atışı esnasında omuzda dış rotasyon hareketi, hazırlık fazının ortalarında başlar ve aynı fazın sonuna kadar devam eder (Elliott *ve ark.*, 1995; Ryu *ve ark.*, 1988). Omuzda oluşan dış rotasyon eklem hareket genişliği, raketin ne kadar geriye alındığının göstergesidir ve hareketi oluşturan kasların kuvveti ile ilişkilidir. Servis hareketinde kas kuvvetinin yardımı ile omuz dış rotasyonun geniş açıda yapılması, raketin geriye alınmasına sebep olur ki, bu da raketin ivmelenmesine yardımcı olur. İvmelenme fazının başlaması ile birlikte omuzda iç rotasyon ve ekstansiyon hareketleri gerçekleşmektedir. Dış rotasyon ile üretilen kuvvet, ivmelenme fazında iç rotasyon ve ekstansiyon kuvvetleri ile birleşerek, kinetik zincirin bir halkasını oluşturur ve raketin daha büyük bir hız ve kuvvet ile topla buluşmasına neden olur. Bu esnada omuzda oluşan kuvvet, servis atışında topun hızını etkileyeceği düşüncesindedir.

Yapılan bu çalışmada, tenis oyuncularının patlayıcı kuvvete yönelik $60^\circ/\text{sn}$ hızda dirsek ekstansiyon ve kuvvette devamlılığa yönelik $240^\circ/\text{sn}$ hızda dirsek ekstansiyon izokinetik kuvvetleri ile servis atışında top hızları arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmuştur ($P<0.05$). Servis atış hareketi incelendiğinde, ivmelenme fazı boyunca dirsekte ekstansiyon hareketi gözlenmektedir (Reid *ve ark.*, 2003). İvmelenme fazında dirsekte oluşan ekstansiyon hareketi, kuvvetin oluşmasını ve kinetik zincirin devamını sağlayacağından, servis atışında top hızı ile arasındaki ilişkiyi açıklayacağı düşüncesindedir.

Tenis oyuncularının patlayıcı kuvvete yönelik $30^\circ/\text{sn}$ hızda el bileği fleksiyon ve kuvvette devamlılığa yönelik $120^\circ/\text{sn}$ hızda el bileği fleksiyon izokinetik kuvveti ile servis atışında top hızları arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmuştur ($P<0.05$). Raketin top ile buluşması esnasında, raketin daha fazla hızlandırılabilmesi için el bileğinde fleksiyon hareketi yapılmalıdır. Top ile buluşma anında el bileğinde fleksiyon hareketinin yapılması ile kinetik zincirin son halkası tamamlanır ve oluşturulan tüm kuvvet topa aktarılır (Kermen, 1997; Scholl, 2002.). Servis atışı esnasında el bileğinin fleksiyonu ile fazladan oluşturulan kuvvet, servis atışında top hızı ile bu parametre arasındaki ilişkiyi açıklayacağı düşünmekteyiz. Ancak yine bu çalışmanın verileri göstermektedir ki servis atışı esnasında el bileğinin gereğinden fazla fleksiyona uğraması, kinetik zincir ile toplanan kuvvetin azalmasına sebep olabilir. Dolayısı ile el bileğinin gereğinden fazla fleksiyonu, top hızını düşürebilir kanaatindeyiz. Bu

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

sonuç bize servis atışında top hızı ile el bileği fleksiyon eklem hareket genişliği arasındaki negatif ilişkiyi açıklayacağı düşüncesindeyiz.

Yapılan bu çalışmada servis atışında topun hızı ile dominant el izometrik kuvvet arasında kuvvetli bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Teniste tekniklerin etkili uygulanabilmesi için raket sapının güçlü tutulması gerekmektedir. Raket ile elin stabilitesinin sağlanabilmesi için, önkol ve parmak kaslarının güçlü olması gerekmektedir (Brody, 2003; Kermen, 1997). Güçlü ön kol ve parmak kasları, çalışmamızdaki servis atış hızı ile el izometrik kuvvet arasındaki ilişkiyi açıklayabileceği düşüncesindeyiz.

Segmentlerin üç eksen üzerindeki hız özelliklerinden servis atışında topun hızını etkileyen değişkenlerin Y eksen üzerindeki raket başı, dirsek, el bileği ve parmak hızları olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Servis tekniğinde temel düşünce hareketin belli koordinasyon içinde yapılmasıdır. Etkili bir servis için, önemli olan vuruş esnasında optimal raket pozisyonu, yörünge ve hızın vücut segmentlerinin koordinasyonuna uyumunun sağlanmasıdır. Daha iyi bir servis için hareketin oluşumunu koordine etmek, yani vuruştaki ideal raket pozisyonunu sağlayan kinetik zinciri üretmek en iyi yoldur (Elliott *ve ark.*, 2003). Kinetik zincir sayesinde rakete aktarılan kuvvet ile segmentlerin oluşturduğu hız birbirlerini etkilemektedir (Hay, 1993). Servis atan oyuncunun segmentlerini ne kadar hızlandırabildiği, kuvvetin topa aktarılabilmesi için oldukça önemli gibi görülmekle birlikte, bu alanda ileri çalışmalara ihtiyaç duymaktadır.

Sonuç olarak; teniste yoğun olarak kullanılan fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel parametrelerin servis atış hızını belirlediği gözlenmiştir. Antrenörler bu parametreleri geliştirebilecekleri ve hızlandırabilecekleri antrenman programları ile servis atışında top hızını arttırabilecekleri düşüncesindeyiz.

Teşekkür

Bu çalışmadaki katkılarından dolayı Dr. İsmail Basoz' e (Sportomed), Fizyoterapist Murat Menderes Caglar' a (Sportomed), Tenis antrenörleri Serkan Altun' a (ENKA SK.), Haluk Akkoyun' a (TED SK:) ve Can Akkoyun' a (BAKIRKÖY SK.) teşekkür ederiz.

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

Kaynaklar

- Abdel-Aziz, Y.I., Karara, H.M. (1971). Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close Range Photogrammetry. *Presented At The ASP/VI Symposium on Close-Range Photogrammetry. Falls Church* (s. 1-18). Urbana: American Society of Photogrammetry
- Bahamonde R. (2000), Changes in angular momentum during the tennis serve, *Journal of Sport Sciences*, 18, 579-592.
- Brody H. (2003) Serving Strategy. In: *ITF Coaching and Science Review*, 31, December, 2-3.
- Brody H. (1988) *Tennis Science for Advanced Tennis Players*. USA.
- Carter JEL, Heath BH. *Somatotyping: Development and Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990.
- Cohen D. B., Mont M. A., Campbell K. R., Vogelstein B. N., Loewy J. W. (1994), Upper extremity physical factors affecting tennis serve velocity, *The American Journal of Sports Medicine*, 22 (6): 746-750.
- Çolak T, Bamac B., Aydın M., Meric B, Ozbek A. (2004), Physical fitness levels of blind and visually impaired goalball team players. *Isokinet Exerc Sci*, (12) 4; 247-252.
- Cybex Norm testing and rehabilitation system user's manual (2006), *Cybex International, Inc.*, Ronkonkoma, NY 11779, USA.
- Dangel G. (1993), *Tennis Konditionstraining*. Sport Verlag. Deutschland.
- Daviscup. 01.01.2009 tarihinde daviscup: <http://www.daviscup.com> adresinden alındı.
- Durnin JV, Womersley J. (1974), Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurements on 481 men and women aged 16–72 years. *Br J Nutr*, 32, 77–97.
- Ellenbecker T. S., Roetert E. P., Bailie D. S., Davies G. J., Brown S. W. (2002a), Glenohumeral joint total rotation range of motion in elite tennis players and baseball pitchers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34 (12), 2052-2056..
- Ellenbecker T. S., Roetert E. P. (2002b), Effect of a 4 month season on glenohumeral joint rotation strength and range of motion in collegiate tennis players. *Journal of Strength and Cond.Res.*, 16 (1): 92-96, 2002b.
- Ellenbecker T. S. (1991), A total arm strength isokinetic profile of highly skilled tennis players. *Isokinetic and Exercise Science*, 1, 9-21.
- Ellenbecker T. S., Davies G.J., Rowinski M.J. (1988), Concentric versus eccentric strengthening of the rotator cuff: objective data versus functional test. *American Journal of Sport Medicine*, 16, 64-68.
- Elliott B., Reid M., Crespo M. (2003), Biomechanics of Advanced Tennis. *International Tennis Federation*, UK.
- Elliott B., Marshall R.N., Noffal G. (1995), Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 433 - 442.
- Ferrauti A., Maier P., Weber K. (2002), *Tennistraining*. Meyer und Meyer Verlag, Deutschland.
- Frisancho, AR (1981) New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr.*, 34, 2540-2545.
- Groppe J.L. (1992), *High Tech Tennis*, Champaign, IL: Human Kinetics, USA.

Gelen, E., Mengütay, S., Karahan, M., (2009). Teniste servis performansını belirleyen fiziksel uygunluk ve biyomekaniksel faktörlerin incelenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi* [Bağlantıda]. 6:2. Erişim: <http://www.insanbilimleri.com>

- Hay J. G. (1993), *Biomechanics of Sports Techniques*, Prentice Hall, New Jersey.
- Kermen O. (1997) *Tenis Teknik ve Taktikleri*. (Ed: B. Yavuz), Aşama Matbaacılık, İstanbul.
- Kleinöder H. (1997), *Quantitative Analysen von Schlagtechniken im Tennis, Intra und Interindividuelle Studien Bei Spielern Unterschiedlichen Leistungsniveaus. Deutsche Sport Hochschule Köln, Institut für Trainings und Bewegungslehre, Dissertation.*
- Mengütay S. (1997), *Okul Öncesi ve İlkokullarda Hareket Gelişimi ve Spor*. 3-6, Tutibay Yayınları, Ankara.
- Norkin C. C., White D. J. (1985) *Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometry*. Philadelphia: FA Davis Company.
- Özer K. (1993) *Antropometri, Sporda Morfolojik Planlama*, Kazancı Matbaacılık, İstanbul.
- Pugh S., Kovaleski J., Heitman R., Gilley W. (2003), Upper and lower body strength in relation to ball speed during a serve by male collegiate tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 867-872.
- Reid M, Elliott B, Alderson, J. (2007), Shoulder joint loading in the high-performance flat and kick serves. *Br J Sp Med*. 41, 884-889.
- Roetert E.P., McCormick T.J., Brown S.W., Ellenbecker T.S. (1996), Relation between isokenetic and functional trunk strength in elite junior tennis players. *Isokinetic and Exercise Sciences*, 6, 15-20.
- Ross WD, Marfell-Jones MJ (1991) *Kinanthropometry*. In: Mac Dougall JD, Wenger HA, Green HJ, eds. *Physiological testing of the high performance athlete*, Champaign, Human Kinetics., Illinois, USA.
- Ryu R., McCormick J., Jobe F. W., Moynes D. R., Antonelli D. J. (1988), An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 16 (5), 481-485.
- Scholl P. (2002), *Richtig Tennis*. BLV Verlagsgesellschaft.
- Siri WE (1956), *The gross composition of the body*. In: Lawrence JH, Tobias CA, eds. *Advances in biological and medical physics*. Academic Press, Inc, New York, USA.
- Treiber F. A., Lott J., Duncan J., Slavens G., Davis H. (1998), Effects of theraband and lightweight dumbbell training on shoulder rotation torque and serve performance in college tennis players, *American Journal of Sports Medicine*, 26 (4), 510-515.
- Weber K. (1982), *Tennis – Fitness, Gesundheit, Training und Sportmedizin*. BLV Verlagsgesellschaft. Deurchland.
- Yalçın M. (1993), *Süratin Mekanik ve Fizyolojik Özellikleri*. Başbakanlık GSGM Yayınları, Ankara.
- Zorba E. (1999) *Herkes İçin Spor ve Fiziksel Uygunluk*. GSGM Eğitim Dairesi, Ankara.