

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRANSKRANİYAL MANYETİK STİMÜLASYONUN
NÖROMUSKÜLER YANITLARINDA ÜST EKSTREMİTE
VİBRASYONUNUN ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı Programı

Dianne Elaine FOWLER

DANIŞMAN

Prof. Dr. Muzaffer Çolakoğlu

İZMİR-2007

DEĞERLENDİRME KURULU ÜYELERİ

Transkraniyal Manyetik Stimülasyonun Nöromusküler Yanıtlarında Üst Ekstremitte Vibrasyonunun Etkisi

(Unvanı, Adı ve Soyadı)

(İmza)

BAŞKAN : Prof. Dr. Muzaffer Çolakoğlu
(Danışman)

ÜYE : Prof. Dr. Çetin İşleğen

ÜYE : Prof. Dr. Arzu On

ÜYE : Prof. Dr. Niyazi Eniseler

ÜYE : Yrd. Doçent Dr. Ercan Haslofça

Doktora Tezinin kabul edildiği tarih:

ÖNSÖZ

Yardımları, önerileri ve EMG laboratuvarlarında ayırdıkları değerli zamanları için Ege Üniversitesi Nöroloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Zafer Çolakoğlu ve Uzman Dr. Fikret Bademkiran'a, danışmanım Prof. Dr. Muzaffer Çolakoğlu, meslektaşım M. İsmet Tok'a işbirlikleri için ve editöriyel yardımlarından dolayı Prof. Dr. Oğuz Karamızrak'a teşekkür ederim. Ayrıca beni sürekli destekleri için aile üyelerim: Dr. John Fowler, Amy, Sarah, Elaine, John III, Tom ve Debby'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM I

GİRİŞ

GENEL BİLGİLER

1.1 Nörofizyolojide Transkraniyal Manyetik Stimülasyon (TMS)

1.1.1 TMS'nin Tarihçesi

1.1.2 Nöromüsküler Motor Komutları

1.1.3 Tek Uyarımlı Transkraniyal Manyetik Stimülasyon

1.1.4 Kortikal Motor Eşik

1.1.5 Kortikal Sessiz Periyot

1.2 TMS'nin Spor Bilimlerinde Kullanımı

1.3 Vibrasyon Antrenmanı

1.3.1 Vibrasyonu Anlamak

1.3.2 Vibrasyonun Faydaları ve Antrenman

1.3.3 TMS ve Vibrasyonlu Egzersizin İlk Kez Birlikte Kullanımı

BÖLÜM II

Gereç ve Yöntemler

2.1 Katılımcılar

2.2 Araştırma Ortamı

2.3 Maksimum Pençe Gücü

2.4 Vibrasyonsuz ve Vibrasyonlu Üst Ekstremitte Egzersizi

2.5 Transkraniyal Manyetik Stimülasyon

2.6 Kortikal Motor Eşik

2.7 Kortikal Sessiz Periyot

2.8 İstatistiksel Analiz

BÖLÜM III

Bulgular

BÖLÜM IV

Tartışma

BÖLÜM V

Sonuçlar

Özet / Summary

BÖLÜM VI

Kaynaklar

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu: EK 1

Etik Kurulu Araştırma Başvurusu Onayı: EK 2

Özgeçmiş

GİRİŞ

Son zamanlarda vibrasyonun nöromüsküler sistemi uyarıcı etkisi spor antrenmanlarında rağbet görmektedir (9-12,17-19,23,24,26,27). Vibrasyonun etkileri büyük ölçüde vibrasyonun süresine, amplitüdüne, frekansına, antrenman yoğunluğuna ve hacmine bağlı olsa da, araştırmacılar, vibrasyon egzersizlerinin güç ve kuvveti arttırdığını bulmuşlardır (17). Vibrasyona yanıtlar, vibrasyonun hedef kasa doğrudan mı yoksa dolaylı olarak mı verildiğine göre farklılıklar arz eder. Vibrasyon antrenmanlarının etkinliğini gösteren çoğu çalışma tüm vücudu vibrasyona tabi tutan vibrasyon platformlarında yapılmıştır. Vibrasyon antrenmanlarının esas pozitif etkisinin, inaktif motor ünitelerin işe katılımını sağlaması yoluyla olduğu düşünülmektedir. Ancak bunun mekanizmasının hassas bir şekilde ortaya konabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (57).

Üst ekstremiteler için vibrasyonlu antrenman cihazlarının ancak yakın zamanda kullanıma sunulması nedeniyle vibrasyonlu egzersizin üst ekstremiteye etkisi üzerine çok az araştırma yapılmıştır. Mevcut araştırmalar tüm vücut vibrasyon platformları veya ağırlık makinalarına bağlanan vibratör uygulamaları ile yapılmıştır. Vibrasyonun nöromüsküler performansa etkilerini araştırmada genelde egzersiz performansının (izometrik ve dinamik) doğrudan incelenmesi ve elektromiyografi (EMG) gibi laboratuvar cihazları kullanılır. Geleneksel nöromüsküler spor araştırmalarında özellikle sinir sisteminin periferik seviyelerinde, EMG ve mekanik ölçümler çok önemli olmuştur.

Motor korteksi aktive etmede ve merkezi motor yollarının gerçek yapısı ve işlevini değerlendirmede transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) yeni, non-invaziv ve güvenilir bir yöntemdir (7,8). Bu yöntem motor iletim süresini ve kortikal sessiz periyodu ölçmek, kortiko-spinal yolların uyarılma ve iletim özellikleri ile

inhibe edici ve uyarıcı mekanizmaları ortaya koymak ve kortikal beyin haritalaması için kullanılabilir (31, 32).

Önceki çalışmalarda ortaya konulduğu gibi, vibrasyon egzersizlerinin akut güç arttırıcı etkileri, kas içiğinin aktivasyonu sonucu oluşan tonik vibrasyon refleksinin kortiko-spinal yolu etkilemesiyle artan nöromusküler fasilitasyondan kaynaklanıyor olabilir. Yirmi yıl kadar önce kullanıma giren TMS, çoğunlukla merkezi sinir sistemi (MSS) hastalıkları olan kişilerde fonksiyonel bütünlüğü inceleyen araştırmalarda kullanılan ve MSS'nin bazı özelliklerinin değerlendirilmesine yardımcı olan değerli non-invaziv bir yöntemdir.

Bu çalışmada sağlıklı kişilerin dominant kollarına uygulanan (1) vibrasyonsuz egzersiz ve (2) vibrasyonlu egzersiz uygulamaları sırasında ünilateral ve bilateral nörolojik tepkiler (kortikal sessiz periyot ve kortikal motor eşik) ölçülerek MSS'nde kortikospinal uyarının temel mekanizmalarının araştırılması planlandı.

1.1 Nörofizyolojide Transkraniyal Manyetik Stimülasyon

1.1.1 TMS'nin Tarihçesi

Merton ve Morton, beynin motor bölgelerini kafa derisinden transkraniyal elektrik stimülasyon yoluyla uyarmanın mümkün olduğunu gösterdiklerinde sinir bilimcilerini şaşırtmışlardı (54). Motor korteksi harekete geçiren yüksek voltaj (şok), oldukça belirgin senkronize kas tepkisine, yani motor uyarılmış potansiyele neden olmuştu. Ancak transkraniyal elektrik stimülasyon hastalar için rahatsız edici olup kafa derisindeki ağrı liflerini harekete geçiriyordu. Barker ve arkadaşları (5) 1985'de, transkraniyal manyetik stimülasyon kullanarak, çok az ağrılı veya ağrısız olarak hem sinirleri, hem de beyni uyarabilmişlerdi (Resim 2). TMS artık motor fonksiyonlar,

görme, konuşma ve çeşitli beyin bozukluklarının patofizyolojisi dahil birçok insan beyin fizyolojisi araştırmalarında kullanılmaktadır (34).

Resim 2. Transkraniyal manyetik stimölasyonun korteksten omuriliğe ve hedef kasa inişi.



Birkaç uygulamadan bahsedilecek olursa; TMS, kortikal plastisite ve distoni hastalarında sensorimotor entegrasyonu (56, 72); Parkinson hastalarındaki derin beyin uyarılarına motor tepkileri (25, 55) ve kortikospinal mekanizmaları daha iyi anlamak için fazik kas kontraksiyonları sırasındaki kortikal sessiz periyot araştırmaları için kullanılmıştır (77). Araştırmalar değerlendirilirken TMS'nin tedavi amaçlı mı, yoksa bu çalışmadaki gibi kortikal yolları ölçmek amaçlı mı kullanıldığını ayırt etmek önemlidir

1.1.2 Nöromüsküler motor komutlar

İnsan iskelet kaslarının istemli kontrolü beynin kortikal kısmında bulunmaktadır. Burada motor komutlar sentezlenerek omurilikte ilerleyerek ön dorsal

α -motor nöron hücrelerine erişir. Motor nöronların uyarılabilirlik düzeyi, ne kadar motor ünitenin belli düzeyde bir merkezi uyarana yanıt olarak devreye gireceğini belirler. Sırayla devreye giren bu motor üniteler uyarılma-kasılma keneti ile kas hücrelerinin kasılmasını tetikler.

Elektromiyografi (EMG), elektrotların kaydedebilir alanı içinde, kasların bu elektriksel aktivitesini ölçer. Kaslara gerçekte erişen motor gücün derecesini saptamakta yararlıdır. Ancak EMG beyinden çıkıştan sonra ve omurilikte sinyalin nasıl değişime uğradığı konusunda bilgi vermez.

Kaslar, kendilerini kontrol eden serebral korteksteki sinirlerin stimülasyonu ile TMS aracılığında harekete geçirilebilir. Bu teknik, kortiko-spinal yolun hassasiyeti ve fonksiyonunu belirlemede yararlıdır. İstemli kasılma sırasında maksimal uyarı verildiğinde bu uyarı α -motor nöronlar ve sensoriel afferent nöronlar dahil sinirdeki tüm aksonları harekete geçirir. Alfa (α)-motor nöronların tetiklenmesi kaslar içindeki motor ünitelerin hepsinin aynı anda kasılmasına neden olur, bu da EMG 'de büyük bir motor uyarılmış potansiyel olarak gözlenir. Motor uyarılmış potansiyel ardından kasta bir elektriksel sessizlik dönemi olur ve buna 'kortikal sessiz periyot' denilir. Kortikal sessiz periyot ölçüm yöntemleri hem güvenilirdir hem de kolay uygulanır (58).

Kortikal sessiz periyodun uzunluğu değişebilir. Gittikçe artan kuvvette kasılmalar gerçekleştikçe kortikal sessiz periyot kısalır. Bu da merkezi uyarandaki değişikliklere hassas olduğunu gösterir. Yorgunlukta kasılmalar sonrasında görülen kortikal sessiz periyot süreleri uzar (81). Vibrasyon egzersizi gibi merkezi sinir sistemine gelen bilgilerdeki değişimlerin de kortikal sessiz periyodun süresini etkileyip etkilemediği bilinmemektedir.

1.1.3 Tek uyarımlı transkraniyal manyetik stimülasyon

İnsan beyninin nörofizyolojisini araştırmak için kullanılan ilk ve en yaygın manyetik stimülasyon yöntemi, tek uyarımlı stimulus şeklinde motor kortekse uygulanan TMS idi (Resim 3). Sağlıklı yetişkinlerde tek uyarımlı TMS, bazen uygulama bölgesinde lokal rahatsızlık ve hasta kişilerde geçici baş ağrısına neden olması dışında çok küçük bir risk taşımaktadır (14). Primer motor kortekse yüksek şiddetli tek uyarımlı bir TMS uygulaması kontralateral üst ekstremitelerde motor uyarılmış potansiyeller oluşturur. Bu da bir grup motor korteks nöronunun uyarma eşiğini ölçebilme ve merkezi motor iletim süresini saptama olanağı verir. TMS şiddeti arttıkça motor uyarılmış potansiyelin amplitüdü artar. Bu motor potansiyelin harekete geçmesi üst ekstremitte kaslarının istemli kasılması ile kolaylaştırılır (2).

Resim 3. Tipik bir transkraniyal manyetik stimülasyon cihazı



1.1.4 Kortikal Motor Eşik

Nörofizyolojide ‘eşik’, belirli bir tepkiyi tetiklemek için gerekli asgari uyarıyı temsil eder (59). Motor eşik; kafatası kalınlığı, kafa şekli, kortikal uyarılabilirlik, ilaç

kullanımı ve akut beyin vakaları gibi nedenlerden dolayı kişisel farklılıklar gösterir. Bir kişinin motor eşiğinin ölçümü önemli bir emniyet faktörü olup aynı zamanda farklı kişiler arasında deneylerde kullanılacak uyarı gücünün kıyaslanabilir olmasını sağlar. TMS kullanarak istirahattaki bir kasta motor uyarılmış potansiyel yaratabilme eşiği kortiko-spinal hassasiyeti yansıtır. Motor uyarılmış potansiyel eşiği, lokal nöronların uyarılabilirliğinden ve yoğunluğundan etkilenir.

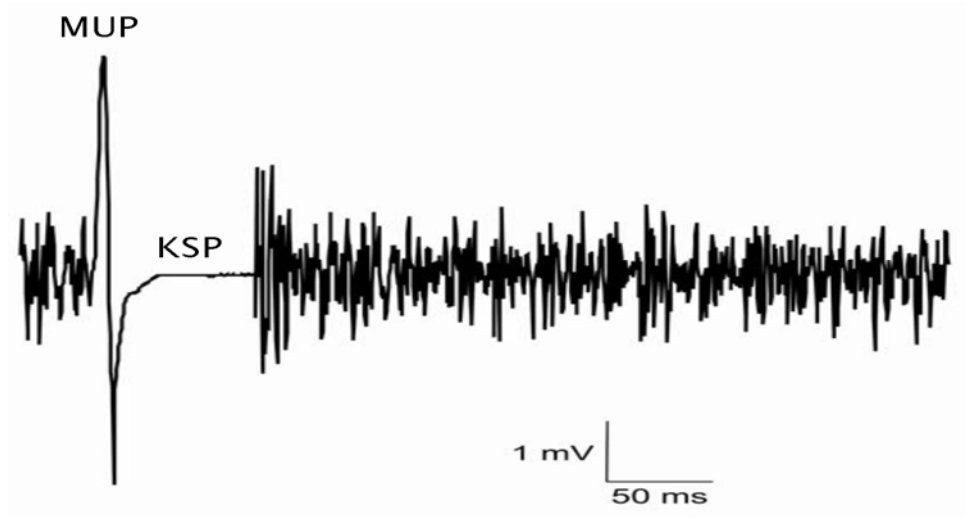
Uygun bir stimülasyon şiddeti ile TMS uygulandığında, kontralateral ekstremitelerde kaslarında motor uyarılmış potansiyeller kayıt edilebilir. Motor eşik, motor kortekse tek uyarımlı bir uyarı uygulandığında, hedef kasta bir motor uyarılmış potansiyelin oluşumunu sağlayabilen en düşük TMS şiddetidir. Kortikal motor eşik, istirahat (istirahat motor eşik) veya düşük seviye kas kasılması sırasında (aktif motor eşik) hedef kasta ardı ardına yapılan deneylerin en az %50 sinde, 50 μ V (peak-to-peak) amplitüd motor uyarılmış potansiyel üreten en düşük yoğunluk olarak tanımlanır (68).

Motor eşiğin, hem kortikospinal nöronların ve bu nöronların motor korteksteki izdüşümü olan internöronların membran uyarılabilirliğini, hem de omurilikteki motor nöronların, nöromusküler kavşağın ve kasların uyarılabilirliğini yansıttığına inanılmaktadır (52). Motor eşik membran uyarılabilirliğinin kendisinden başka, membran uyarılabilirliğini etkileyen piramidal hücrelere ulaşan nöral aktiviteyle, yani korteksten çıkan nöronların inhibe edici ve uyarıcı tonik uyarımları ile de ilişkilidir (82). Sonuçta, motor eşik presinaptik kortikal nöronlardan başlayarak nöromusküler kavşaklara kadar tüm nöronal kavşak zincirinin etkinliğinin değerlendirilmesi için kullanılır.

1.1.5 Kortikal Sessiz Periyot

Bir bireyden kas kasılma kuvvetini sabit tutması istenip hedef kasın kontralateral motor korteksine eşik üstü tek uyarımlı bir TMS uygulandığında, motor uyarılmış potansiyel ardından EMG aktivitesi bir kaç yüz milisaniye için durur. Bu elektromiyografik baskılanma süresine “kortikal sessiz periyot” denir ve motor uyarılmış potansiyel bitimi ile istemli elektromiyografik aktivitenin tekrar başlaması arasında geçen süre olarak tanımlanır (Resim 4). Ancak, özellikle kortiko-spinal yollarda fonksiyon bozukluğu olan hastalarda motor uyarılmış potansiyelin bitimini saptamak zordur. Bu zorluğu aşmak için bu sessiz periyot uyarı verilışı ile istemli aktivitenin tekrar başlaması arasındaki zaman olarak tanımlandı.

Resim 4. İstemli kasılma sırasında bir el kasının temsil ettiği bir motor alanda TMS etkisi.



Bir platoya eriştikten sonra TMS yoğunluğunu arttırmak kortikal sessiz periyot süresini uzatmaz (39). Ayrıca, o sırada uygulanan istemli kasılmanın kuvveti kortikal sessiz periyodu etkilemediğinden (62, 81), bu fenomenin oluşumunda proprioseptif mekanizmaların yer aldığı düşünülmemektedir. Kortikal sessiz periyodun önemli bir kısmının büyük olasılıkla GABA-b reseptörlerin aracılığında

motor korteksin inhibitör mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir (40). Nörolojik fonksiyon bozukluğu nedeniyle kısalmış bir sessiz periyot, vibrasyon egzersizinden sonra görüldüğü gibi, kortiko-spinal uyarılabilirliğin artışı sonucu inhibisyonda meydana gelen düşüşün göstergesidir (59).

1.2 TMS 'nin Spor Bilimlerinde Kullanımı

TMS, nörolojik ve psikiyatrik araştırmaların yanı sıra son zamanlarda spor bilimleri alanında da kullanılmaktadır (83, 84). TMS'nin kinesiyoloji bağlantılı araştırma konularında kullanıldığı veya kullanabileceği alanlar: (i) egzersiz sonrası sinirsel ileti, (ii) merkezi yorgunluk, (iii) sensorimotor uyum ve koordinasyon ve (iv) nöronal plastisitedir (70).

Spor bilimi çalışmalarında çoğunlukla periferal mekanik ve elektrofizyolojik ölçümler kullanılmıştır. Ancak bu aktif manipölasyonlara merkezi sinir sisteminin yanıtlarını, yapısını anlamak için yeni tekniklerin yardımı gerekmektedir. TMS, araştırmacılar ve spor bilimcilerin nöromüsküler olayların analizine ve spor antrenmanlarının etkinliğini arttırmalarına yardımcı olabilecek yeni bir yöntemdir.

Araştırmacılar son on beş yıldır, yorgunluğun kortikospinal mekanizmasını araştırmak için TMS kullanmıştır. Merkezi yorgunluk ve motor kortikal uyarılabilirlik, farklı kas kontraksiyonları sırasında araştırılmıştır (50). Motor uyarılmış potansiyeller istemli kas aktivitelerinden etkilenir. Kişi bir kasta zayıf bir istemli kasılma yaptığında kasa giden kortikospinal yollar uyarılır (65). Yorucu izometrik kasılmalar sırasında motor uyarılmış potansiyellerde artış ve buna bağlı olarak da sessiz periyodda bir artış gözlenir (69, 78). Bu aynı zamanda baskılayıcı ve uyarıcı (or inhibe edici ve stimüle edici: both TR or ENG) nöral yapıların uyarı seviyelerinde artış olduğunu gösterir. Dolayısıyla iki sistem arasındaki ilişkinin oranı

kortikospinal yolun gerçek durumunu ve kas aktivitesi sirasındaki ve sonrasındaki motor uyarılmış potansiyellerin sırayla değişimini belirler.

Spora bağlı motor aktiviteler nedeniyle yorulmuş kaslarda TMS kullanılan çok az araştırma yapılmıştır. Spor alanı ve çeşitli günlük egzersizlerde ilk TMS kullanımı Hollge ve arkadaşlarının özellikle aerobik (basamak çıkma ve koşu) ve anaerobik (şınav, dambıl tutma ve 400m koşu) gibi çeşitli egzersizler sonrası motor uyarılmış potansiyel ve merkezi motor ileti srelerindeki değişimini değerlendirdikleri çalışmalarıdır (36). Bu araştırmacılar bitkin duruma getirici kuvvet (anaerobik) egzersizlerinde motor uyarılmış potansiyellerin amplitüdünde önemli düşüşler, aerobik egzersizlerde ise çok az farklılık saptamışlardır.

Tergau ve arkadaşları TMS'yi, bitkinlik noktasına kadar barfiks egzersizi sonrası intrakortikal inhibisyon ve interkortikal uyarılma değişimlerini araştırmak için kullanmıştır (76). Egzersiz sonrası interkortikal uyarılma önemli lde azalmış intrakortikal inhibisyon ise değişmemiştir. Interkortikal uyarılma değişiklikleri görevi yapan kaslarda gözlenmiş ve 8 dk içinde normale dnmştir.

TMS'yi kullanan bir diğer çalışma ise st düzey kürekçiler ile antrenmansız bireylerde sırt kaslarında yorgunluğun getirdiği kortikospinal uyarım değişiklikleri araştırmıştır (30). Kürekçi olmayanlarda hem hafif (aerobik) ve hem de yoğun (anaerobik) kürek ergometresi egzersizlerinden iki dakika sonra motor uyarılmış potansiyellerde kısa bir fasilitasyon gözlenirken, bu durum elit kürekçilerde sadece yoğun egzersizden sonra gözlenmiştir. Krekilerde hafif egzersiz sonrası 4 – 16 dk'lık süreçte ortalama motor uyarılmış potansiyel amplitdlerinin egzersiz öncesi değerlerine kıyasla daha az baskılanmış olduğu saptanmıştır. Yazarlar tepkilerdeki farkın kürek antrenmanı yapmamış olan kişilerin aynı işi daha fazla enerji ile yapmalarına, dolayısıyla da daha fazla yorulmalarına bağlamıştır. Bu görüş iki grubun

da kendi maksimumlarında çalıştıktan sonra motor uyarılmış potansiyellerinde fark gözlenmemesi ile desteklenmektedir.

Carroll ve arkadaşları TMS'yi insanlarda direnç çalışmalarına merkezi ve periferik nöral adaptasyonları kıyaslamak için kullanmıştır (20). Bu araştırmacılar direnç antrenmanlarının kortiko-spinal yolların özelliklerini değiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçları, büyük bir dirence karşı yapılan tekrarlamalı basit hareketler sırasında kortikospinal motor yollardaki reorganizasyonun motor öğrenme sırasında oluşandan bağımsız olduğu şeklinde yorumlamışlardır.

TMS, kinesiyoji ve onun alt dallarında, özellikle değişik antrenman yöntemlerinin merkezi sinir sistemi üzerine etkileri ile ilgili soruların cevaplandırılabilmesine yardımcı olabilir. Buna ilaveten, kuvvet ve güç antrenmanlarına uzun süreli nöral adaptasyonlar, TMS ve periferik nöromusküler uyarılabilirliği ölçen diğer cihazlar ile daha analitik bir şekilde incelenebilir. TMS; sürantrenman, dayanıklılık ve yorgunluk araştırmaları ve spor psikolojisi tekniklerinin etkinliğini inceleyen çalışmalarda da etkin bir şekilde kullanılabilir. Bu çalışmada, TMS tekniği vibrasyon egzersizlerinin kortiko-spinal uyarılabilirliğe etkilerini belirlemek amacıyla kullanıldı.

1.3 VİBRASYON ANTREMANI

1.3.1 Vibrasyonu Anlamak

Vibrasyonun insan bedeni üzerine etkisi onlarca yıldır, özelliklede sağlık açısından incelenmektedir (44). İnsan bedeni günlük yaşamda endüstriyel cihazlar, ulaşım araçları ve daha yakın zamanlarda vibrasyonlu egzersiz aletleri yoluyla vibrasyona maruz kalmaktadır. Harici vibrasyonun sistemin doğal titreşim frekansları

ile çakışması durumunda rezonans ve yüksek osilasyon oluşur, bu da bedene zarar verebilir (33). Klinik ortamlarda ağırları azaltmak için spastik ve paretik kaslara vibrasyon uygulanmıştır (6,43,44). Sporda ise performansı geliştirmek için vibrasyon antrenmanı yöntemleri geliştirilmiştir (9-12, 41, 42, 47, 48, 61, 63). Vibrasyonun kuvvet ve güç gelişimi ve nörolojik adaptasyonlar üzerine etkisi hem vibrasyonun özelliklerine (uygulama metodu, amplitüd ve frekans) hem de uygulanan egzersizin özelliklerine (alışma tipi, yoğunluğu ve miktarı) bağlı gibi görünmektedir (51).

Çoğu kez, laboratuarlarda vibrasyon doğrudan kas ortası veya tendonlara uygulanır. Rozencrantz ve Rothwell (67) el kaslarına uygulanan vibrasyon uyarımının özellikleri değiştikçe motor korteksteki inhibe edici kortikal nöronların uyarılabilirliklerinin değiştiğini göstermişlerdir. Stevyers ve arkadaşları üç farklı frekansta (20, 75 ve 120 Hz) kas kirişine uygulanan 30’ar saniyelik vibrasyonun Ia afferent sinir aracılığı ile primer motor kortekste uyarıcı etki yaptığı fikrine destek buldular (74). Smith ve Brouwer belli bir kas-tendon ünitesine uygulanan vibrasyonun o kasa ait motor korteks bölgesinde uyarılabilirliği arttırabildiği sonucuna varmışlardır (73).

Vibrasyon elde tutulan vibrasyon cihazları veya vibrasyon platformları ile insan bedenindeki tendon ve kaslara dolaylı olarak uygulanabilir. Örneğin, quadriceps kaslarını geliştirmek isteyen bir sporcu, vibrasyon platformu aşağı-yukarı titreirken üzerinde ‘squat’ egzersizleri yapabilir. Bu bir ‘tüm vücut vibrasyonu’dur. Vibrasyon alt ekstremiteler yoluyla dolaylı olarak quadricepse iletilir. Bu tezde kullanılan vibrasyon dambılı da vibrasyonu elden dolaylı olarak kol kaslarına iletiyordu. Bu tip vibrasyon uygulamasına “üst ekstremitte vibrasyon çalışması” denir.

Vibrasyon egzersizi cihazları belli bir frekans (0-60 Hz) ve yer değiştirme (<1-10mm) yelpazesi içinde vibrasyon üretir. Sağlayabildikleri ivme yer çekimi ivmesinin

15 katı kadar (15g) olabilir ($1g = 9.81 \text{ m/s}^2$) (19). Harici vibrasyon, uygulanan vücut bölgesine göre ‘tüm vücut vibrasyonu’ ve ‘el-kol vibrasyonu’ veya ‘üst ekstremitte vibrasyonu’ olarak sınıflandırılır (34). Bu tezde ‘üst ekstremitte vibrasyon egzersizi’ ve ‘üst ekstremitte vibrasyonsuz egzersiz’ terimleri kullanıldı. Uygulama bölgesi, frekans ve amplitüd gibi değişkenlerin varyasyonları ile çok çeşitli vibrasyon egzersizi programları uygulanabilir.

Birçok atlet ve rehabilitasyon merkezi, egzersiz programlarında vibrasyon egzersizleri kullanmaktadır. Ancak en güvenli ve en etkin vibrasyon programlarının nasıl olması gerektiği ile ilgili bilgiler sınırlıdır. Sportif müsabaka ve antrenmanlar öncesi çeşitli hazırlık aktiviteleri önerilmektedir. Vibrasyon antrenmanlarının nörolojik sistemde akut bir uyarım yarattığı bildirilmektedir. Bu da akut vibrasyon egzersizlerinin yüksek güç üretimi gerektiren fiziksel aktiviteler öncesinde kullanımının güç üretimini arttırmada katkısı olabileceğini gösterir. Bu konuların şüpheye yer bırakmayacak şekilde aydınlatılabilmesi için daha çok nörofizyolojik araştırmaya gereksinim vardır.

1.3.2 Vibrasyonun Faydaları ve Antrenman

İnsan vücudunun vibrasyonla ilişkisi karmaşıktır. Ciddi sakatlıklar için tehlike arz etse de bazı vibrasyon tiplerinin tedavi edici etkileri ve sağlık için faydaları vardır.

Vibrasyonun bu amaçla kullanımına örnekler şunlardır:

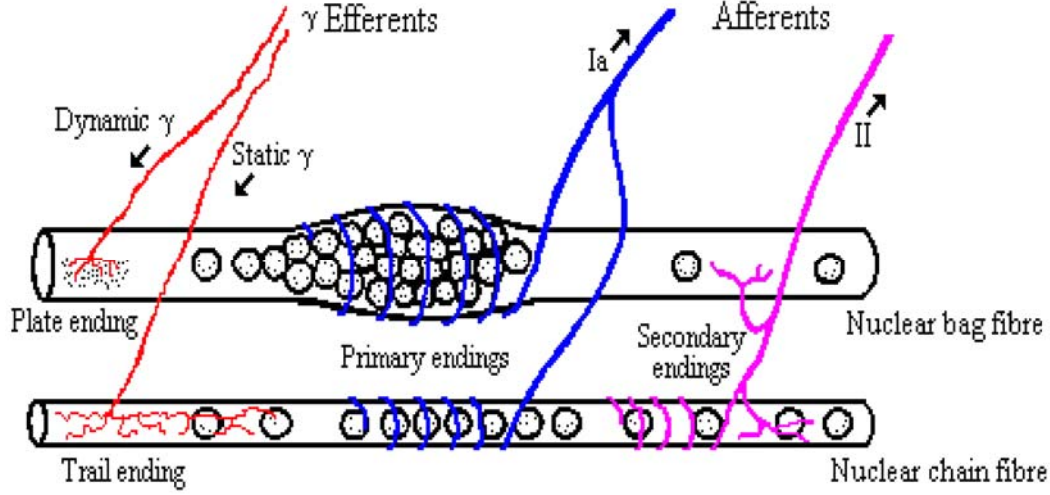
- Solunum sorunları olan hastaların akciğerlerini temizleme,
- Sporcular ve romatizmal artritli hastalarının hareket kabiliyeti ve kas fonksiyonlarını geliştirme,
- Ampütasyon geçirmiş uzuvları tedavisi,
- Spastik ve paretik kişilerde kas fonksiyonunu geliştirme (6, 33, 44).

Vibrasyon egzersizlerinin sağlıklı bireylerde uzun süreli kullanımının diğer bir yararı da kemik yoğunluğunu artırmasıdır, bu da osteoporozu engellemede yardımcı olabilir (35). Vibrasyon egzersizi aletleri her yaş ve her antrenman seviyesindeki kadın ve erkeklerin nöromüsküler sistemlerini geliştirmek amacıyla pazarlanmaktadır.

Vibrasyon, kas içiğinin afferent sinirlerini harekete geçirmek için belki de en etkin mekanik uyarıcıdır (16, 64). Kossev ve arkadaşları, önkola uygulanan kısa süreli, düşük amplitüdü ve 80 Hz frekanslı vibrasyondan hemen sonra TMS'ye yanıt olarak elde edilen motor uyarılmış potansiyel amplitüdünde yaklaşık iki kat artış bildirmişlerdir (46). Diğer araştırmacılar ise hedef kasa bağlı kortikal projeksiyonlardaki uyarabilirliğin vibrasyon sırasında arttığını teyit etmişler, fakat çevre kasların uyarabilirliğinin baskılandığını saptamışlardır (66, 72).

Bir kasın vibrasyonu α -motor nöronu uyararak kas içiğinin primer sonlanmalarını (Ia aferentler) uyarır ve bu da homonim motor ünitelerinde kasılmaya neden olur. (Resim 5). Kasta tonik bir kasılmaya neden olan, hem monosinaptik hem de polisaptik komponentleri olan bu reflekse 'tonik vibrasyon refleksi' denir (7, 15, 53, 60). Bu tonik vibrasyon refleksi istemli kas kasılmalarını güçlendirebilir. Vibrasyon bu yoldan güç geliştirici antrenman yöntemleri ile kullanıldığında sporcularda nöromüsküler performansı geliştirmeye yardımcı olabilir. Genelde vibrasyonun nöromüsküler performans üzerine etkisi araştırılırken, doğrudan egzersiz performansının ne kadar arttığının araştırılması ile birlikte EMG gibi laboratuvar cihazları kullanılır.

Resim 5. Efferent ve afferent nöral bağlantıları ile kas içiği.



Kasların vibrasyonu sırasında daha önce inaktif olan motor ünitelerin devreye sokulmasıyla motor ünite senkronizasyonunda meydana gelen artış, kas gücü artışına neden olan mekanizmalardan biridir (41, 71).

Vibrasyon egzersizinin kardiyovasküler performansı geliştirdiği gösterilmemiştir. Bisiklet ergometresine yerleştirilen vibrasyon cihazı kullanılarak gerçekleştirilen bitkin duruma getirici egzersizin etkilerini inceleyen bir araştırmada, bisiklet egzersizine vibrasyon eklendiğinde nabızda küçük bir artış tespit edilmiştir (61). Araştırmacılar, maksimal oksijen kullanımının ve kan laktat konsantrasyonlarının bitkin duruma getirici vibrasyonlu bisiklet egzersizinden sonra, maksimal bisiklet egzersizine göre düşmüş olduğunu saptamışlardır.

Akut vibrasyon uygulaması sonrası mekanik güçleri artan uluslar arası boksörlerde gösterildiği üzere; vibrasyon egzersizleri patlayıcı güç gerektiren bir sportif müsabaka öncesi ısınma çalışmalarında kullanıldığında nöromusküler performansı attırabilmiştir (10). Vibrasyon egzersizi sonrası üst düzey sporcularda, sporcu olmayanlara kıyasla daha büyük güç ve kuvvet artışı izlenmiştir. Üst düzey

sporcularda diğerklerine kıyasla geleneksel güç antrenmanları ile nöromüsküler performansı arttırmak daha zor olduğu için, önümüzdeki yıllarda üst düzey atletlerin güç ve kuvvet antrenmanlarında vibrasyon antrenmanları önemli rol oynayabilecektir (41, 48).

Issurin ve Tennenbaum üniversite veya kulüp sporlarına katılan amatör ve üst düzey atletleri kıyasladıklarında vibrasyonun üst düzey olanlarda önemli düzeyde maksimal güç artışına neden olduğunu bulmuşlardır (41). Araştırmacılar bu bulgunun yanı sıra 10 dk'lık 'tüm vücut vibrasyon antrenmanı' uygulanan 14 erkek katılımcıda bacak gücünde önemli artış saptamışlardır.

Vibrasyon antrenmanlarının etkileri konusunda mevcut bilimsel kanıtlar çelişkili sonuçlar da vermektedir. Yeterli sayıda iyi kontrollü çalışma mevcut olmasa da, vibrasyon antrenmanlarıyla ilgili kanıtlar yeterli düzeyde amplitüde sahip akut ve uzun vadeli vibrasyon antrenmanlarının güç ve kuvvette artışlara neden olduğunu göstermektedir. Çeşitli araştırmalar vibrasyon sonrası dinamik ve patlayıcı aktivitelerde gelişme göstermişken (10,11,12), bazı araştırmalar da izometrik maksimal istemli kasılma kuvvetinde gerileme veya çok az gelişme göstermiştir (27, 44,61,80). DeRuitter ve arkadaşları akut 'tüm vücut vibrasyonu' egzersizi sonrası istemli ve istemsiz (refleks) kas kontraksiyonlarında performans artışı bulmamıştır. Bu araştırmacılar, maksimal istemli kasılmalar sırasında vibrasyon uygulamasından 90 sn sonra nöral aktivitede azalma olduğunu gösterecek şekilde güç üretiminde düşüş bulmuşlardır. Bu düşüş istemsiz kasılma gücünde daha da çok olmuştur (27).

Vibrasyon, maksimal izometrik aktivitelerde değilse de sadece uzama-kısalma döngüsü içeren patlayıcı güç aktivitelerinde performansı arttırmaktadır (44). Vibrasyonun sürekli sıçrama ve serbest kol salınımlı durarak dikey sıçrama (counter movement jump) üzerine etkilerini kıyaslayan bir çalışma da bu tartışmayı

desteklemektedir. On günlük bir vibrasyonlu antrenman sonrası 5 sn'lik sürekli sıçrama yüksekliğinde artış tespit edilmiştir (9). Sürekli sıçrama testi kas gerimi ve gerilme refleksinden etkilenen kısa bir uzama-kısalma döngüsü içerir. Vibrasyon egzersizi sonrası insan plantar fleksör kaslarındaki gerilme refleksinin önemli düzeyde arttığı gösterilmiştir (3). Merkezi sinir sistemi tepkilerinin ölçümünde kullanılan, TMS gibi daha hassas nörolojik ölçüm teknikleri, araştırmacıların vibrasyon antrenmanlarının sadece refleks yollar üzerinden değil, merkezi sinir sistemindeki fonksiyonel değişimler ile de sportif performansa ne kadar katkı sağlayabileceğinin veya zarar verebileceğinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

1.3.3 TMS ve Vibrasyonlu Egzersizin İlk Kez Birlikte Kullanımı

İlk kez 1985'de tanıtımından beri TMS, merkezi motor yollarının bütünlüğünü ve fonksiyonunu inceleyerek insanlardaki motor kontrolün non-invaziv araştırmalarında kullanılmıştır (7, 8). TMS, merkezi motor iletim süresi, kortiko-spinal yolların iletim özellikleri, kortikal beyin haritalaması, inhibe edici ve uyarıcı mekanizmaları, istirahattaki kortikal motor eşiği, aktif kortikal motor eşiği ve kortikal sessiz periyodu ölçmede kullanılmıştır (4,5). TMS'nin kullanımı klinik nörofizyolojide yaygınlaşmış olup spor araştırmaları alanında da ümit vaat etmektedir. Bu nedenle, vibrasyon egzersizinin insan nörolojik sistemine etkisinin anlaşılmasına yardımcı olması için bu çalışmada kortikal sessiz periyot ve kortikal motor eşik ölçümünde TMS kullanıldı.

Bu tezde, vibrasyon egzersizinin merkezi sinir sistemine akut etkisini araştıran çalışmalar içinde sağlıklı sporcularda kortiko-spinal sinir sistemi tepkilerine

az yer verilmiş olması nedeniyle seçildi ve bu nedenle vibrasyonun anılan uyarıcı etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için vibrasyon egzersizi sonrasında kortikal sessiz periyot ve kortikal motor eşikte meydana gelen değişikliklerin incelenmesi amaçlandı. TMS uygulaması ardından kortikal sessiz periyot ve kortikal motor eşikleri ölçerek üst ekstremitte vibrasyon egzersizinin insan nörolojik sistemi üzerindeki etkisi hakkındaki bilgilerin artırılması hedeflendi.

BÖLÜM II: GEREÇ VE YÖNTEMLER

2.1. Katılımcılar

Araştırma yapısı ‘İnsanlar Üzerinde Yapılan Tıbbi Araştırmalarda Etik İlkeler Helsinki Deklarasyonuna’ uyumlu olup Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı. Bu çalışmaya 18 – 28 yaş arasında (22.0 ± 2.1) bulunan ve nörolojik açıdan sağlıklı üniversiteli 22 erkek sporcu seçildi. Kendilerine çalışmaların yapısı ve olası etkileri hakkında bilgi verilip soruları yanıtladıktan sonra ‘gönüllü onay formu’ üzerinde yazılı kabullerini imzalayanlar programa kabul edildi.

2.2. Araştırma Ortamı

Isı kontrollü odada katılımcılar supin pozisyondayken kontrol ölçümleri alındı. Sporcular, aşağıda açıklandığı gibi, vibrasyonsuz ve vibrasyonlu üst ekstremitte egzersiz adımlarını ayakta uyguladılar. Her egzersiz protokolü sonrası aynı odada katılımcı gene supin pozisyondayken TMS stimülasyonu ile birlikte nöromiyografik ölçümler alındı.

2.3. Maksimum Pençe Gücü

Daha sonra her iki elde maksimum pençe (el kavrama) kuvveti dinamometre (maksimal kuvvetin %30’u ile istemli kasılma sırasında motor eşik ve sessiz periyot

ölçümleri gerçekleştirileceğinden) ile ölçüldü (Digital Grip Dynamometer, Takei Kiki Kogyo, Japonya).

2.4. Vibrasyonsuz ve Vibrasyonlu Üst Ekstremitte Egzersizi

Çalışmanın başlamasından bir hafta önce katılımcıların el bileği fleksiyonunu vibrasyon dambılı ile yaklaşık 30 sn yüklenme süresi sağlayacak hedef tekrar sayısı olan 15 tekrarı gerçekleştirip gerçekleştiremeyecekleri denendi. Katılımcıların önemli bir kısmının 15 tekrarlı el bileği fleksiyonunu ek ağırlıksız vibrasyon dambılı ile gerçekleştiremeyeceği anlaşıldığından, el bileği fleksiyonunu kolaylaştırmak amacıyla bu egzersiz biceps curl hareketi ile birleştirilerek bir ‘cheating setleme tarzı’ oluşturuldu. ‘Cheating setleme tarzı’ nedeniyle kolaylaşan egzersizde el bileği fleksiyon hareketinde maksimal tekrar sayısının tüm denekler için 20’den fazla olmaması amacıyla vibrasyon dambılına 5 kg ek ağırlık eklenerek toplam ağırlık 7.6 kg’a çıkarıldı. Maksimum pençe gücü ve egzersiz öncesi aktif kortikal motor eşik saptandıktan sonra, bir adet vibrasyonlu dambıl (Mini-VibraFlex Plus®, Orthometrix, Inc., White Plains, USA) ile vibrasyon modu kapalı konumdayken dominant kolda el bileği fleksiyonu ile birlikte 15 kez biceps curl yaptırıldı. Hareket hızı her tekrar 2 sn’de tamamlanacak şekilde ayarlandı. Sonra, aynı egzersiz rutini aynı dambıl kullanılarak bu kez 27 Hz ve 2mm amplitüdü (4 mm yer değişimi) vibrasyon ile 15 kez gerçekleştirildi (Resim 6). Her biceps curl rutini 15 fleksiyon ve 15 ekstansiyon hareketi içerip takriben 30 sn sürdü.

Resim 6. Vibrasyon dambılı ile biceps curl uygulayan bir katılımcı.



İstemli kas kasılmaları ile birlikte uygulanan vibrasyonun nöro-fizyolojik etkilerini anlamak için bugüne kadar TMS'nin kullanıldığı ilk çalışma bu olmaktadır. (Resim 1).

Resim 1. Mini Vibra-flex Plus® dambıl ve stimilatör (0-30 Hz)



2.5 Transkraniyal Manyetik Stimülasyon

Katılımcı, hedeflenen flexor digitorum sublimus (all Latin or Turkish read French) kasına maksimal istemli kasılmanın %30'u civarında bir kasılma kuvveti ile istemli kasılma uygularken, hedef önkol kaslarının kontralateral motor konteksine tek titreşimli bir stimulus, 2 Tesla'lık monofazik transkraniyal manyetik stimülatöre (Magstim 2002®, Magstim Co. Ltd., Whitland, Galler) bağlı bir halka ile uygulandı (2). Her iki üst ekstremite için istirahat kortikal motor eşik tespit edildi. Her egzersiz protokolü sonrası kortikal eşğin 1.5 katı düzeyinde eşik üstü TMS uygulandı (22, 81).

2.6. Kortikal Motor Eşik

TMS uyarımına yanıt olarak meydana gelen elektromiyografik değişimleri takip edebilmek için, iki yüzeysel EMG elektrodu (Medelec no. 16934, Old Woking, İngiltere) bilateral flexor digitorum sublimus kasları üzerine yerleştirildi. İstirahat ve vibrasyon egzersizi sonrasında, katılımcılar maksimal pençe kuvvetinin % 30'u ile ön kol kaslarını istemli olarak kasarlarken, yüksek bir TMS uyarımı gerçekleştirildi ve buna yanıt olarak bir motor uyarılmış potansiyel elde edildi. Daha sonra her kademedeki bir önceki uyarım şiddeti düzeyinin % 5'i altında bir uyarı verilerek, bunlara yanıt olarak oluşan motor uyarılmış potansiyeller takip edildi. Motor uyarılmış potansiyel saptanamayan uyarım şiddeti düzeyine gelindiğinde uyarım şiddeti bu kez % 3'lük kademeleri ile arttırıldı. Bu % 3'lük artışlar sonunda tekrar ortaya çıkan ilk motor uyarılmış potansiyelin elde edildiği noktadan itibaren bu kez uyarı şiddeti %1'lik dilimler halinde düşürülerek motor uyarılmış potansiyel oluşturan en düşük TMS şiddeti bulundu. Bu şiddette 10 adet TMS uyarımına yanıt olarak 50µV (peak-to-peak) amplitüdünden büyük en az beş motor uyarılmış potansiyel elde edilen

nokta “kortikal motor eşik” olarak kabul edildi. Böylece, istirahat ve vibrasyon sonrası kortikal motor eşik saptanmış oldu.

2.7. Kortikal Sessiz Periyot

Vibrasyonlu ve vibrasyonsuz egzersiz öncesi ve sonlarında, kortikal motor eşik düzeyini sağlayan TMS şiddetinin %150’si ile üçer eşik üstü uyarım verilerek, her iki tarafta üst ekstremitte kaslarında sessiz periyotlar tespit edildi. Katılımcıların her protokol için ölçülen üçer sessiz periyot değerinin aritmetik ortalamaları sessiz periyot değeri olarak kabul edildi.

2.8. İstatistiksel Analiz

Sessiz periyot farklılıkları, SPSS for Windows® (SPSS Inc., Chicago, ABD) kullanılarak, Shapiro-Wilk, Friedman ve Wilcoxon test yöntemleri ile kıyaslandı. Tüm parametreler için önce normalite testi gerçekleştirildi (Shapiro-Wilk). Normalite testi tüm parametreler için istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdiğinden (Tablo 1), egzersiz öncesi, egzersiz sonrası ve vibrasyon egzersizi sonrası değerleri arasındaki farklar non-parametrik bir varyans analizi olan Friedman testi ile incelendi. Friedman testinde anlamlı farklar saptandığında, farkın hangi ikili parametre kıyaslamasından kaynaklandığını tespit etmek için yine non-parametrik bir test olan Wilcoxon testi uygulandı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edildi.

BÖLÜM III: BULGULAR

TMS sonrasında, dominant (vibrasyonlu ve vibrasyonsuz egzersiz uygulatılan) ekstremitelerde kortikal sessiz periyot ortalama değerleri vibrasyonsuz egzersiz sonrasında artarak, istirahat değeri olan 57.3 msn değerinden 70.4 msn'ye yükseldi ($p<0.05$). Bunu takip eden vibrasyon egzersizinden sonra ise 49.4 msn ($p<0.05$) ortalamasına geriledi. Non-dominant ekstremitelerde vibrasyonsuz egzersiz sonrası kortikal sessiz periyot süresinde, istirahat değerine göre değişim saptanmadı (75.6 msn'den 69.3 msn'ye; $p= 0.935$). Ancak, vibrasyonlu egzersiz sonrasında anlamlı bir değişim gözlemlendi (69.3 msn'den 49.4 msn'ye; $p< 0.01$ (Tablo 2).

Tablo 1. Deneklerin sessiz periyot değerlerinin normalite test sonuçları

Shapiro-Wilk Normalite Testi (P değeri)	Dominant	Non-dominant
TMS KSP Egzersiz Öncesi	0.000	0.000
TMS KSP Vibrasyonsuz Egzersiz Sonrası	0.130	0.019
TMS KSP Vibrayson Egzersiz Sonrası	0.000	0.020

TMS KSP = Transkaniyal Magnetik Stimülasyon Kortikal Sessiz Periyot

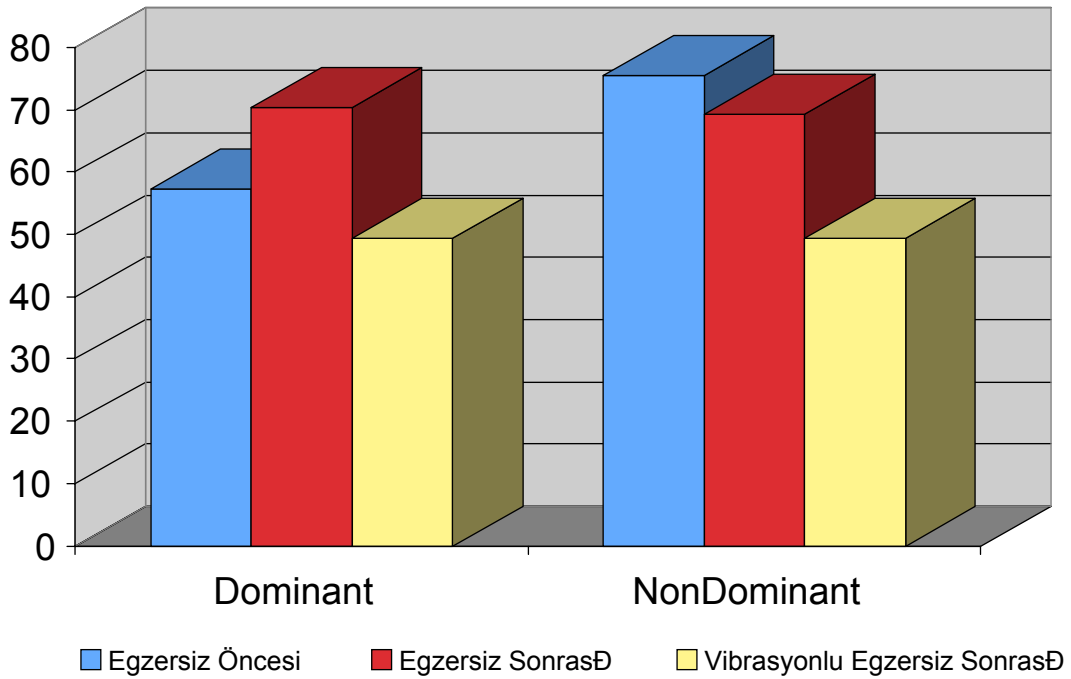
Tablo 2. Tek Uyarımlı TMS'ye Yanıt Olarak İstirahat (Egzersiz Öncesi), Vibrasyonsuz Egzersiz Sonrası (Egzersiz Sonrası) ve Vibrasyonlu Egzersiz Sonrası (VibEgzersizSonrası)) Kortikal Sessiz Periyot Süreleri (msn).

Dominant Taraf (Egzersiz Uygulanan)			Non-Dominant Taraf (Egzersiz Uygulanmayan)			
Kortikal Sessiz Periyot (msn)	İstirahat-Egzersiz Öncesi	Egzersiz Sonrası	VibEgzersizSonrası	İstirahat -Egzersiz Öncesi	Egzersiz Sonrası	VibEgzersizSonrası
	57,3 ± 36,3	70,4 ± 27,3	49,4 ± 35,2	75,6 ± 45,6	69,3 ± 27,0	49,4 ± 29,6
Friedman Testi	$x^2 = 12,372$ p = 0.002**			$x^2 = 16,575$ p = 0.0001**		
Wilcoxon (p değerleri)	İstirahat (EgzersizÖncesi)	EgzersizSonrası	VibEgzersizSonrası	İstirahat (EgzersizÖncesi)	EgzersizSonrası	VibEgzersizSonrası
		0,046*	0,019*		0,935	0,000**
	EgzersizSonrası	—	0,009**	EgzersizSonrası	—	0,006**
Bilateral Farklılıklar (Dominant ve Non-Dominant Kıyaslaması)						
Wilcoxon (p değerleri)	İstirahat (EgzersizÖncesi)		EgzersizSonrası	VibEgzersizSonrası		
	0,004**		0,85	0,59		

*p<0,05; p<0,01**

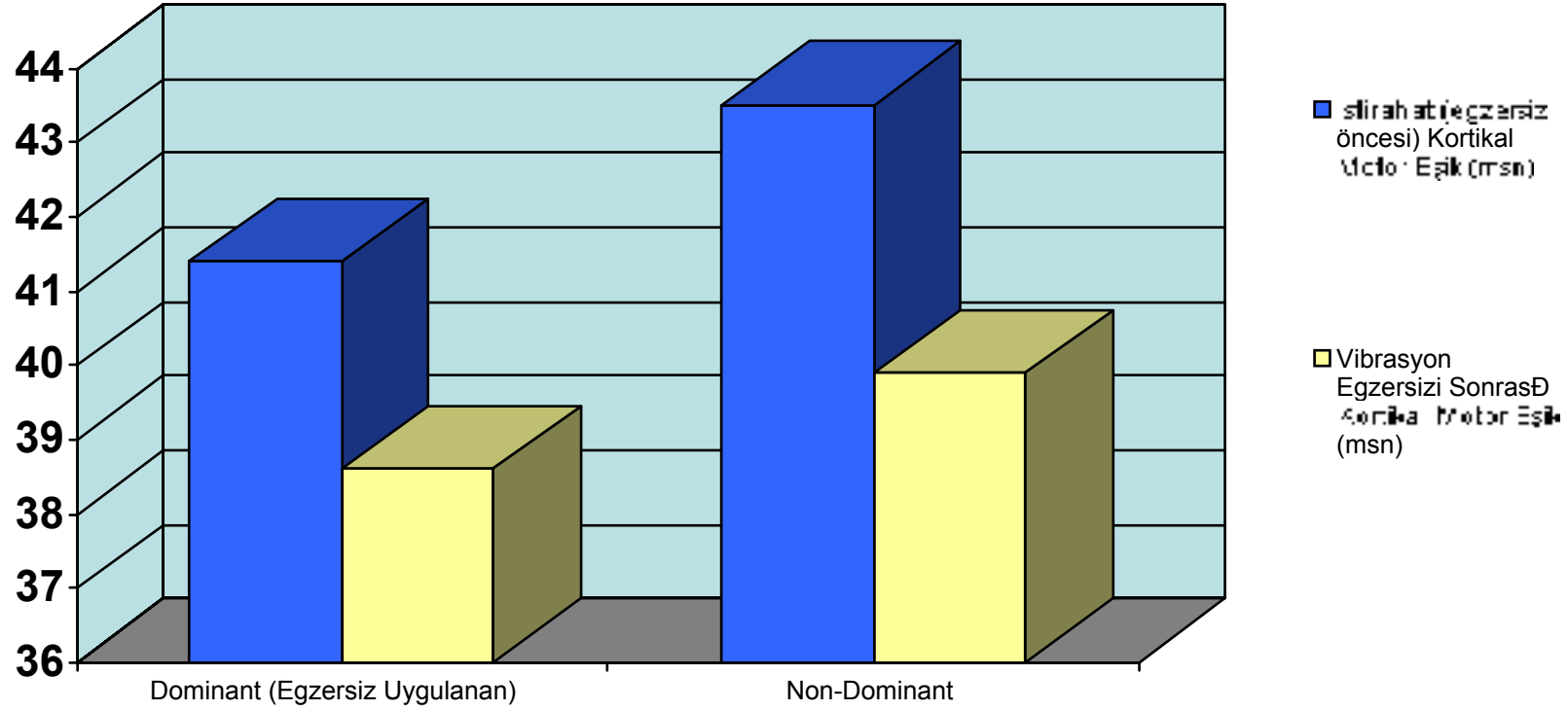
Tek ekstremitede gerçekleştirilen vibrasyonlu egzersiz ve vibrasyonsuz (direnç) egzersiz her iki ekstremite de kortikal sessiz periyodları (Grafik 1).

Grafik 1. Tek Uyarımlı Transkraniyal Manyetik Stimülasyon Ardından İstirahat (Egzersiz Öncesi) , Vibrasyonsuz Egzersiz Sonrası (Egzersiz Sonrası) ve Vibrasyonlu Egzersiz Sonrası, Dominant ve Non-Dominant Fleksör Dijitorum Sublimus Kaslarının Kortikal Sessiz Periyot Süreleri (msn)



Egzersiz uygulanan (dominant) ekstremitede kortikal motor eşik istirahat değeri olan 41,4 μ V 'tan vibrasyon egzersizi sonrasında 38,6 μ V 'a azaldı ($p<0.01$). Egzersiz uygulanmayan (non-dominant) ekstremitede de vibrasyon egzersizi sonrasında benzer şekilde kortikal motor eşik düştü (43.5 μ V 'tan 39.9 μ V 'a; $p<0.01$) (Grafik 2).

Grafik 2. İstirahat (Egzersiz Öncesi) ve Vibrasyon Egzersizi Sonrası Dominant (Egzersiz Uygulanan) ve Non-Dominant Ekstremitelerden Alınan Kortikal Motor Eşik Değerleri.



BÖLÜM IV: TARTIŞMA

4.1 Tartışma

Bu çalışma, transkraniyal manyetik stimülasyon kullanarak serbest ağırlık vibrasyon cihazı ile vibrasyonlu egzersiz sonrası nörofizyolojik değişimlerinin araştırıldığı ilk çalışmadır.

Bu çalışmada 27 Hz'lik vibrasyon frekansı kullanıldı. Cardinale ve Bosco, tüm vücut vibrasyonunda farklı frekansların (30, 40, ve 50 Hz) vastus lateralis kasının elektromiyografik aktivitesine etkisini araştıran çalışmalarında, en yüksek EMGrms (rms: root mean square) değerinin 30 Hz vibrasyonda oluştuğunu bulmuşlardır (17). Daha önceki çalışmalarda (41, 42) 44 Hz'de vibrasyon veren (3 mm amplitüd) cihazlar kullanmıştır, ancak vibrasyonun ellere bir kablo ve kulp ile iletilmesi hedef kaslara etkisini azaltmış olabilir. Bu bilgiler değerlendirilerek, fabrika amplitüd ve yer değiştirme ayarlarını kullanan cihazla doğrudan ellere uygulanan 27 Hz'lik vibrasyonun hedef kaslardaki elektromiyografik tepkileri test etmek için optimal olduğuna karar verilip bu çalışmada kullanıldı. Daha uzun süren vibrasyon uygulamaları istemli kas aktivitesini azalttığından (8,45,79) vibrasyon egzersizi süresi 30 sn'den uzun olmayacak şekilde ayarlandı.

EMG kayıtları, TMS ile kolay uyarıldığı için ve egzersiz sırasında elde tutulan vibrasyon dambılına yakın bir lokalizasyonda olması nedeniyle, flexor digitorum sublimus kasından alındı. Vibrasyon antrenmanları, transmisyon sırasında vücut dokusunun vibrasyonu azaltması nedeniyle vibrasyon kaynağına daha yakın kaslarda daha etkin olmaktadır (42). Torvinen ve arkadaşları, vibrasyon platformu kullanan katılımcılardaki soleus ve vastus lateralis kaslarını kıyasladıktan sonra, vibrasyon kaynağına yakın olan kasların daha uzak olanlardan daha iyi aktive edildiklerini saptamışlardır (80).

Test sırasında katılımcılar, kortikal sessiz periyot ölçümü yapılabilmesi için maksimal istemli kasılmanın %30'u ile izometrik pençe kavrama egzersizi gerçekleştirdiler. Birçok çalışma kortikal sessiz periyodun, arka planda gerçekleştirilen kasılma kuvveti %15 veya %30 olduğunda etkilenmediğini ve hedef kası düşük bir yüzde ile kasmanın interferansı minimize ettiğini göstermiştir (49, 68).

Sessiz periyodu etkileyen inhibisyonun kortikal seviyede var olduğu ve transkalosal yolların aracılığıyla gerçekleştiği sanılmaktadır (37). TMS yüksek stimülasyon yoğunluğunda uygulandığında bile çoğunlukla korteks içindeki aksonları uyarak, TMS'yi beyin korteksinin uyarılabilirliğinin (bu araştırmada üst ekstremite vibrasyonu ile oluşturulan uyarana yanıtın) incelenmesine uygun hale getirir (28, 30, 62).

Kortikal sessiz periyodu etkileyen mekanizmalar halen çok sayıda araştırmanın konusudur. Araştırma sonuçları kortikal sessiz periyodun ilk kısmının (yaklaşık 50 msn) spinal motor nöronların art-hiperpolarizasyonu ve tekrarlanan inhibisyonu gibi spinal mekanizmalardan kaynaklandığı (21,39); ilk 50 ms'den sonra ise çoğunlukla kortikal inhibisyon mekanizmalarınca üretildiği yönündedir. Kortikal sessiz periyodun ilk kısmında spinal mekanizmalar rol oynasa da, TMS sonrası azalan kortikal eşikle beraber kortikal sessiz periyodun kısalması, kortikospinal uyarılabilirliğin delilleri olarak değerlendirilebilir.

Bazı araştırmacılar TMS'yi kortikospinal aktivitenin spor aktivitelerine yanıtını incelemek için kullanmışsa da, hiçbiri bunu modern vibrasyon cihazları ile birlikte kullanmamıştır. Hollge ve arkadaşları çeşitli aerobik (koşma ve basamak çıkma) ve anaerobik (şınnav, dambıl tutma ve 400m koşu) çalışmalar sonrası TMS'ye tepkileri incelemiş ve motor uyarılmış potansiyel amplitüdünün bitkin duruma getirici egzersiz sonrası azaldığını, ancak aerobik çalışmalar sonrası çok az değişim

gösterdiğini saptamışlardır (29). Tergua ve arkadaşları, azalan intrakortikal fasilasyonun antrene kaslara özgü olduğunu, ancak bu değişikliklerin egzersizin bitiminden sonraki 8 dk içinde normale döndüğünü rapor etmişlerdir (78). Fulton ve arkadaşları, 2002 yılında, m. erector spinae ve ön dorsal interosseus kaslarında TMS sonrası üst düzey kürekçilerde orta düzey kürekçilere göre motor uyarılmış potansiyelde daha uzun latans rapor etmişlerdir (20).

Katılımcılara uygulanan vibrasyon egzersizinin süresi, kortikal sessiz periyodu kısaltmaya ve motor eşiği düşürmeye yeterli oldu. Bu duyuşal reseptörlerin ve afferent sinirlerin stimülasyonunun ve intrakortikal yolların fasilasyonunun güçlendiğı (kortikal inhibisyonun azalmasıyla gözlendiğı gibi) anlamına gelir. Kortikal sessiz periyodun süresinin GABAerjik ve dopaminerjik kortikal inhibisyon mekanizmalarını yansıttığı sanılmaktadır (70), ancak fizyolojisi halen tam anlaşılmamıştır. Taylor ve arkadaşları, kortikal sessiz periyot süresinin, motor korteksten gelen istemli uyarıların intrakortikal inhibe edici internöronların aksiyonları yoluyla inhibisyonu sonucu meydana geldiğini iddia etmişlerdir (75). Brasil-Neto ve arkadaşları ise sessiz periyodun uzamasını çoğı kez egzersiz yorgunluğundan kaynaklanan motor nöron depresyonuna bağlamışlar; aksine, sessiz periyot kısalmasının ise kortikospinal uyarıyı veya intrakortikal inhibisyonun azalmasını yansıttığını iddia etmişlerdir (13). Katılımcılarda ünilateral üst ekstremite vibrasyonu sonrası TMS'ye yanıt olarak kortikal sessiz periyodun bilateral olarak kısalması nöronal uyarılabilirliğın supraspinal ve interhemisferik düzenlemesini yansıtmaktadır.

Gönüllülerde, hem egzersiz yaptırılan (dominant) üst ekstremitelere hem de yaptırılmamış (non-dominant) tarafta vibrasyonlu egzersiz sonucunda kortikal sessiz periyot kısalmıştır. Bu kortikospinal yolların uyarılabilirliğinde artışa (kortikal

disinhibisyon) işaret etmektedir. Kortikal sessiz periyodun uzaması dominant tarafta sadece vibrasyonsuz egzersiz sonrası oluştu. Vibrasyonlu egzersizden sonra ise her iki tarafta da sessiz periyot istirahat değerlerinden bile daha kısaydı. Bu bulgu bir taraftan yorgunluğun uyarılabilirliği azalttığını gösterirken, diğer taraftan vibrasyonun bu olumsuzluğu ortadan kaldırabildiğini ortaya koydu.

İlginçtir ki egzersiz uygulanmayan (non-dominant) ekstremitede, hem vibrasyonsuz hem de vibrasyonlu egzersiz sonrası kortikal uyarılabilirlikte artış gözlemlendi. Bu da kontralateral ekstremitte egzersizin kortikospinal uyarılabilirlik artışını göstermektedir.

Kortikal motor eşik, kortikospinal nöronlar ve motor korteksteki internöronların membran uyarılabilirliğini ve omurilikteki motor nöronların, nöromüsküler bağlantıların ve kasların uyarılabilirliğini yansıttığına inanılmaktadır (34). Hortobagyi ve arkadaşları, dominant ana motor korteksin istemli aktivasyonunun, subdominant motor korteksin uyarılabilirliğini artırabileceğini bulmuştur (37). El kaslarına doğrudan uygulanan düşük amplitüdlü vibrasyon, vibrasyona maruz kalan kaslarda istirahat motor eşiklerini düşürmüştür (66). Bu çalışmada, ünilateral üst ekstremitte vibrasyon egzersizinin TMS sonrası kortikal motor eşiklerini bilateral biçimde düşürdüğü bulundu.

Sınırlamalar

Vibrasyon egzersizinin etkilerini inceleyen araştırmaların çoğunda tüm vücut vibrasyonu platformları kullanmışken, bu çalışmada serbest ağırlık vibrasyon cihazı kullanıldı. Bu nedenle bulguların kıyaslanabileceği araştırmalar havuzu sınırlı kaldı.

İleri Çalışmalar

Vibrasyon platformları yoğun biçimde pazarlanmaktadır. Ancak mekanizmaları ve etki süreleri hakkında bilgi sınırlıdır. TMS ve üst ekstremitelerde serbest ağırlık vibrasyon cihazları, vibrasyon egzersizlerinin sporculardaki nörofizyolojik yanıtlarını araştırmada faydalı cihazlardır. Bu cihazları kullanarak vibrasyon egzersizlerinin sportif antrenman programlarına etkilerini araştırılmak için daha çok sayıda çalışma yapılması gerekmektedir. Buradaki çalışmaya benzer bir araştırma tasarımı oluşturularak, tüm vücut vibrasyonuna nörofizyolojik yanıtlar TMS kullanılarak alt ekstremitelerdeki bir hedef kasta gerçekleştirilebilir. Ek olarak, ileriki çalışmalarda katılımcıları vibrasyon sonrasında daha geç zaman periyotlarında (vibrasyon egzersizi sonrası 30 – 60 dk) test ederek vibrasyon egzersizinin etkilerinin ne kadar süre boyunca korunduğu araştırılmalıdır.

BÖLÜM V**SONUÇ**

Bu araştırma, vibrasyon egzersizinin hemen ardından tek titreşimli TMS ile nörofizyolojik değişimleri inceleyen ilk çalışmadır.

Vibrasyonsuz egzersiz sonrası dominant tarafta sessiz periyodun uzaması, ancak non-dominant tarafta değişmemesi egzersizin meydana getirdiği yorgunluğun sessiz periyodu uzattığını göstermektedir. Diğer taraftan egzersize vibrasyon eklendiğinde her iki tarafta da hem sessiz periyodun kısalması, hem de motor eşiğin düşmesi, vibrasyonun kortikospinal uyarılabilirliği bilateral olarak arttırdığının kanıtlarıdır.

Bundan sonra yapılacak vibrasyon egzersizleri araştırmalarında şu unsurlara şiddetle dikkat edilmelidir: 1) frekans, 2) amplitüd, 3) süre ve 4) vibrasyon egzersiz protokolünün uygulama tipi (tüm vücut vibrasyonu veya üst ekstremitte vibrasyonu).

Beyan: Herhangi bir kaynaktan sponsorluk veya parasal destek alınmamıştır ve yazarın kullanılan ürünlerin hiçbirinde maddi çıkarı yoktur.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı vibrasyonsuz ve vibrasyonlu (27 Hz) antrenmanların transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) sonrası kortikal sessiz periyot (KSP) ve kortikal motor eşik (KME) üzerine etkilerini araştırmaktır.

Metot: Üniversiteli 22 sporcunun ön kol kontralateral motor korteksi üzerine yuvarlak bobinli TMS yerleştirildi. Her katılımcı için uygun TMS uyarımını saptamak için istirahatta KME ölçüldü. Daha sonra vibrasyon dambılı vibratörü kapalı konumda kullanılarak dominant kol ile 15 biceps curl (15 fleksiyon ve 15 ekstansiyon) yaptırıldı. Bir başka gün aynı egzersiz 27 Hz (2mm amplitüd) vibrasyon frekansı ile tekrarlandı. Her egzersiz ardından katılımcı flexor digitorum sublimus kasını maksimal istemli kasılmanın % 30'u ile kasarken tek uyarımlı TMS uygulandı. TMS'yi takiben KSP'ler kayıt edildi. KME'ler dinlenme sırasında ve vibrasyonlu çalışmalar ardından ölçüldü.

Bulgular: Tüm katılımcılar çalışmalarını planlandığı şekilde tamamladı. TMS sonrası dominant üst ekstremitede KSP ölçümü vibrasyonsuz egzersiz sonrası 57.3 msn olan istirahat ortalamasından 70.4 msn'ye ($p<0.05$) arttı, ancak vibrasyonlu egzersiz sonrasında 49.4 msn'ye ($p<0.02$) düştü. Non-dominant (egzersiz yapmayan) üst ekstremitede KSP ölçümleri vibrasyonsuz egzersiz sonrasında 75.6 msn'lik istirahat değerinden 69.3 msn'ye ($p= 0.935$), vibrasyonlu egzersiz sonrasında ise 49.4 msn'ye düştü. KME egzersiz yapan ekstremitede istirahat değeri olan 41.4 μV 'tan vibrasyon egzersizi sonrası 38.6 μV ($p<0.01$) değerine düştü. Egzersiz yapmayan ekstremitede de KME vibrasyon egzersizi sonrasında 43.5 μV seviyesinden 39.9 μV 'a indi ($p<0.01$).

Sonuç: Vibrasyon egzersizi sonrasında hem egzersiz yapan, hem de yapmayan ekstremitelerde kortikal sessiz periyodun kısalması ve kortikal motor eşik düşmesi,

vibrasyon egzersizinin kortikospinal uyarılabilirliği bilateral olarak arttırdığını göstermektedir.

Anahtar sözcükler: vibrasyon egzersizi, transkraniyal manyetik stimölasyon, kortikal sessiz süreç, kortikal motor eşıği.

SUMMARY

Purpose: The purpose of the study was to examine the effects of exercise with and without vibration on the cortical silent period (CSP) and cortical motor threshold (CMT) measured using transcranial magnetic stimulation (TMS).

Methods: In 22 university athletes CSPs and CMTs for dominant and non-dominant extremities were measured using TMS. Fifteen biceps curls were performed with the dominant arm using a single vibration dumbbell (no vibration). Later, the same biceps curl protocol was performed with the dumbbell vibrating at 27 Hz (2 mm amplitude). A supra-threshold TMS stimulus (1.5x CMT) was delivered to determine CSPs before and following each exercise protocol. CMTs were measured at rest and following the vibration exercise protocol.

Results: All subjects completed the study protocol as designed. After TMS, the CSP in the dominant (exercised) extremities increased following exercise without vibration from a resting (pre-exercise) mean of 57.3 msec to 70.4 msec ($p<0.05$) and following exercise with vibration, the CSP decreased to a mean of 49.4 msec ($p<0.02$). The CSP in the non-dominant (unexercised) extremities decreased from resting values of 75.6 msec to 69.3 msec ($p=0.935$) following the exercise-only protocol and decreased to 49.4 msec ($p<0.01$) following the vibration exercise protocol.

The CMTs in exercised extremities decreased from a resting mean of 41.4 μV to a post-vibration exercise mean of 38.6 μV ($p<0.01$). In non-exercised extremities, the CMT also decreased, from 43.5 μV to 39.9 μV following the vibration-exercise ($p<0.01$).

Key words: Vibration exercise, transcranial magnetic stimulation, cortical silent period, cortical motor threshold

BÖLÜM VI**KAYNAKLAR**

1. Ahonen, J.P., Jehkonen, M., Dastidar, P., Molner, G., Håkkinen, V. (1998) Cortical silent period evoked by transcranial magnetic stimulation in ischemic stroke. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 109:224-229.
2. Anand, S. and J. Hotson (2002) Transcranial magnetic stimulation: Neurophysiological application and safety. *Brain Cognition* 50:366-386.
3. Arcangel, C.S., Johnson, R., Bishop, B. (1971) The Achilles tendon reflex and the H-response during and after tendon vibration. *Phys Ther* 51:889-902.
4. Barker, A.T., Jalinous, R., Freeston, I.L. (1985a) Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet* 1 (8437) 1106-1107.
5. Barker, A.T., Jalinous, R., Freeston, I.L., Jarratt, J.A. (1985b) Clinical evaluation of conduction time measurements in central motor pathways using magnetic stimulation of the human brain. *Lancet* 1:1325-1326.
6. Bishop, B. (1974) Vibratory stimulation: Neurophysiology of motor responses evoked by vibratory stimulation. *Phys Ther* 54:1273-1282.
7. Bongiovanni L.G. and K.E. Hagbarth (1990) Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man. *J Physiol* 423:1-14.
8. Bongiovanni L.G., Hagbarth K.E., Stjernberg, L. (1990) Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *J Physiol* 423: 15-26.
9. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O. (1998) Influence of whole-body vibration on jumping performance. *Biol Sports* 15:157-164.

10. Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O. (1999) Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol*, 79:306-311.
11. Bosco, C., Colli, R., Intonini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A., Tihanyi, J., Viru, A. (1999) Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol* 19:183-187.
12. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., DeLorenzo, A., Viru, A (2000) Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Applied Physiol* 81: 449-454.
13. Brasil-Neto, J.P., Cammarota A., Valls-Sole J., Pascual-Leone A., Hallett M., Cohen, L.G. (1995) Role of intracortical mechanisms in the late part of the silent period to transcranial stimulation of the human motor cortex. *Acta Neurologia Scandinavia* 92:383-386.
14. Bridgers, S.L. (1991) The safety of transcranial magnetic stimulation reconsidered: evidence regarding cognitive and other cerebral effects. *Electroencephal Clinical Neurophysiol* 43:170-179.
15. Brown, M., Enberg, I., Matthews, P.B. (1967) The use of vibration as a selective repetitive stimulus for 1a afferent fibres. *J Physiol* 191:31-32.
16. Burke, D., Hagbarth, K.E., Lofstedt, L., Wallen, B.G. (1976) The responses of human muscle endings to vibration of non-contracting muscles. *J of Physiol* 261:673-693.
17. Cardinale, M. and C. Bosco (2003) The effects of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Review* 31:3-7.

18. Cardinale, M. and Lim, L. (2003) Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibration of different frequencies. *J Strength Condition* 17: 621-624.
19. Cardinale, M. and J. Wakeling (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med* 39:585-589.
20. Carrol, T.J., Reik, S., Carson, R.G. (2002) The sites of neural adaptation induced by resistance training in humans. *J Physiol* 544:641-652.
21. Chen, R., Lozano, A.M., Ashby, P. (1999) Mechanisms of the silent period following transcranial magnetic stimulation. *Experim Brain Res* 128:539-542.
22. Classen, J., Schnitzler, A., Binkofski, F., et al. (1997) The motor syndrome associated with exaggerated inhibition within the primary motor cortex of patients with hemiparetic. *Brain* 120: 605-619.
23. Cochrane, D.J., Legg, S.J., Hooker, M.J. (2004) The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint and agility performance. *J Strength Cond Res* 18:828-832.
24. Cochranne, D.J. and S.R. Stannard (2005) Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med* 39:860-865.
25. Costa, J., Valls-Sole, J., Valdeoriola, F., Rumia, J., Tolosa, E. (2007). Motor responses of muscles supplied by cranial nerves to subthalamic nucleus deep brain stimuli. *Brain* 130:245-255.
26. Delecluse, C., Roelants, M. Verschueren, S. (2003) Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 35:1033-1041.

27. De Ruyter, C.J., Van Der Linden, R.M., Van Der Zijden, M.J.A., Hollander, A.P., De Haan, A. (2003) Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force. *Eur J Appl Physiol* 88:472-475.
28. Eklund, G. and K.E. Hagbarth (1966) Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Exp Neurol* 16:80-92.
29. Fuhr, P., Agostino, R., Hallet, M. (1991) Spinal motor neuron excitability during the silent period after cortical stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 81:257-262.
30. Fulton, R.C., Strutton, P.H., McGregor, A.H., Davey, N.J. (2002) Fatigue-induced change in corticospinal drive to back muscles in elite rowers. *Exp Physiol* 87:593-600.
31. Gandevia, S.C., Allen, G.M., McKenzie, D.K. (1995) Central fatigue: Critical issues, quantification and practical implications. *Adv Exp Biol* 348:281-294.
32. Gandevia, S.C., Allen, G.M., Butler, J.E., Taylor, J.E. (1996) Supraspinal factors in human muscle fatigue: evidence for suboptimal output from the motor cortex *J Physiol (London)* 490:529-536.
33. Griffin, M.J. (1996) *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press.
34. Hallet, M. (2000) Transcranial magnetic stimulation and the human brain. *Nature* 406 (6792):147-150.
35. Heinonen, A., Kannus, P., Sievanen, H., Pasanen, M., Oyaand, P., Vuori, I. (1999) Good maintenance of high-impact activity-induced bone gain by voluntary, unsupervised exercises: An 8-month follow-up of a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 14:125-128.

- 36.** Hollge, J., Kunkel, M., Ziemann, U., Tergau, F., Geese, R., Reimans, C.D. (1997) Central fatigue in sports and daily activities: A magnetic stimulation study. *Int J Sports Med* 18:614-617.
- 37.** Hortobagyi, T.K. (2005) Cross education and the central human nervous system. *IEEE Eng Med Bio Mag* 24:24-28.
- 38.** Humphries B., Warman, G., Purton, J., et al. (2004) The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *J Sports Sci Med* 3:16-22.
- 39.** Inghillieri, M., Berardelli, A., Cruccu, G., Manfredi, M. (1993) Silent period evoked by transcranial stimulation of the human cortex and cervicomedullary junction. *J Physiol (London)* 266:521–534.
- 40.** Ilisauskiene, M., Truffert, A., Vaiciene, N., Magistris, and M.R. (2005) Transcranial magnetic stimulation in clinical practice. *Medicina Kaunas* 41:813-824.
- 41.** Issurin, V.B., Liebermann, D.G., Tenenbaum, G. (1994) Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility, *J Sport Sci*, 12:561-566.
- 42.** Issurin, VB. and G. Tenenbaum. (1999) Acute and residual effects of vibration stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J Sport Sci* 17:177-182.
- 43.** Johnston, R.M., Bishop, B., Coffey, G.H. (1970) Mechanical vibration of skeletal muscles. *Phys Ther* 50:499-505.
- 44.** Jordan, M.J., Norris, S.R., Smith, D.J., Herzog, W. (2005) Vibration training: An overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res* 19:459-466.
- 45.** Kobayashi, M. and A. Pascual-Leone (2003) Transcranial magnetic stimulation in neurology. *Lancet Neurology* 2:145-154.

- 46.** Kossev, A., Siggelkow, S., Schubert, M., Wohlfahrt, K., Dengler, R. (1999) Muscle vibration: Different effects on transcranial magnetic and electrical stimulation. *Muscle Nerve* 22:946-948
- 47.** Kvorning, T., Bagger, M., Caserotti, P., Madsen, K. (2006) Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. *Europ J Applied Physiol* 96:615-625.
- 48.** Lieberman, D.G., Issurin, V. (1997) Effort perception during isotonic muscle contractions with super imposed mechanical vibratory stimulation. *J Hum Mov Stud* 32:171-186.
- 49.** Löscher, W.N., Cresswell, A.G., Thorstensson, A. (1996) Central fatigue during long-lasting submaximal contraction of the triceps surae. *Experim Brain Res* 108:305-314.
- 50.** Löscher W.N. and M.M. Nordlund (2002) Central fatigue and motor cortical excitability during repeated shortening and lengthening actions. *Muscle Nerve* 25:864-872.
- 51.** Luo, J., McNamara, M., Kieran, M. (2005) The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med* 35:23-41.
- 52.** Mann, U., Lonckecker, S., Steinhoff, B.J., Paulus, W. (1996) Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in humans: a transcranial magnetic stimulation study. *Ann Neurol* 40:367-378.
- 53.** Mills, K.R and K.A. Nithi (1997b) Corticomotor threshold to magnetic stimulus: normal values and repeatability. *Muscle Nerve* 20:570-576.
- 54.** Merton, P. A. and H.B. Morton (1980) Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature* 285 (5762), 227.
- 55.** Molnar, G.F., Sailer, A., Gunraj, C.A., Cunic, D.I., Lang, A.E., Lozano, A.M.,

- Moro, E., Chen, R. (2005) Changes in cortical excitability with thalamic deep brain stimulation. *Neurology* 64: 1913-1919.
- 56.** Opavsky, R., Hlustik, P., Kanovsky, P. (2006) Cortical plasticity and its implication for focal hand dystonia. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 150:223-226.
- 57.** Nordlund, M.M. and A. Thorstensson (2007) Strength training effects of whole-body vibration? *Scand J Med Sci Sports* 17:12-17.
- 58.** Pascual-Leone, A., Houser, C.M., Reese, K., et al. (1993) Safety and rapid-rate transcranial magnetic stimulation in normal volunteers. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 89:120-130.
- 59.** Reid A.E., Chiappa K.H., Cros, D. (2002) Motor threshold, facilitation and the silent period in cortical magnetic stimulation. in *Handbook of Transcranial Magnetic Stimulation*, ed. by Pascual-Leone, A., Davey, N.J., Rothwell, J, et al., pp. 97–111.
- 60.** Ribot-Ciscar E., Rossi-Durand C., Roll, J.P. (1998) Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. *Neurosci Lett* 258: 147-150.
- 61.** Rittweger, J., Beller, G., Felsenberg, D. (2000) Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol* 20:134-142.
- 62.** Roelants , M., Delecluse, C., Goris, M., Verschueren, S. (2004) Effect of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Intl J Sports Med* 25:1-5.
- 63.** Roick, H., van Geisen, H.J., Benecke, R. (1993) On the origin of the post-excitatory inhibition seen after transcranial magnetic brain stimulation in awake human subjects. *Experimen Brain Res* 94:489-498.

64. Roll, J.P., Vedel, J.P., Ribot, E. (1989) Alternation of muscular proprioceptive messages by induced tendon vibration in man: A microneurographic study. *Exp Brain Res* 76:213-222.
65. Rothwell, J.C., Hallett M., Berardelli, A., Eisen, A., Rossini, P.M., Paulus, W. (1999) Magnetic stimulation: motor evoked potentials. The International Federation of Clinical Neurophysiology. *Electroencephal Clin Neurophysiol* 93: 358-371.
66. Rosenkrantz, K., Rothwell, J.C. (2003) Differential effect of muscle vibration on intracortical inhibitory circuits in humans. 551:649-660.
67. Rosenkrantz, K., Rothwell, J.C. (2004) The effect of sensory input and attention on the sensorimotor organization of the hand area of the human motor cortex. *J of Physiol* 561:307-320.
68. Rossini, P.M., Barker, A.T., Berardelli, A., Caramia, M.D., Caruso, G., Cracco, R.Q., et al. (1994) Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application. Report of an IFCN committee. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 91: 79-92.
69. Sacco, P., Thickbroom, G.W., Byrnes, M.L., Mastaglia, F.L. (2000) Changes in corticomotor excitability after fatiguing muscle contractions. *Muscle Nerve* 23:1840–1846.
70. Sharabon, N. (2004) Transcranial magnetic stimulation offers new possibilities for the study of motor control. *Kinesiolog Slovenia* 10:78-104.
71. Shinohara, M., Moritz, C.T., Pascoe, M.A., Enoka, R.M. (2005) Prolonged vibration increases stretch reflex amplitude, motor unit discharge rate and force fluctuations in a hand muscle. *J Applied Physiol* 99:1835-1842.
72. Siggelkow, S., Kossev, A., Schubert, M., Kappels, H.H., Wolf, W., Dengler, R. (1999) Modulation of motor evoked potentials by muscle vibration: The role of

vibration frequency. *Muscle Nerve* 22: 1544-1548.

73. Smith, L., Brouwer, B. (2005) Effectiveness of muscle vibration in modulating corticospinal excitability. *J Rehabil Res Dev* 42: 787-794.

74. Stevyers, M., Levin, O., VanBaelen, M., Swinnen, S.P. (2003) Corticospinal excitability changes following prolonged muscle tendon vibration. *Neuroreport* 14:2001-2004.

75. Taylor, J.L., Butler, J.E., Allen, G.M., Gandevia, S.C. (1996) Changes in motor cortical excitability during human muscle fatigue. *J Physiol (London)* 490:519-528.

76. Taylor, J., Todd, G., Gandevia, S.C. (2005) Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. <http://www.aups.org.au/proceedings/36/83-89>, Accessed on June 22, 2007.

77. Tazoe, T., Endoh, T., Nakajima, T., Sakamoto, M., Komiyama, T. (2007) Disinhibition of upper limb motor area by voluntary contraction of the lower limb muscle. *Experimental Brain Research* 177:419-430.

78. Tergau, F., Geese, G., Bauer, A., Bauer, S., Paulus, W., Reimers, C.D. (2000) Motor cortex fatigue in sports measured by transcranial magnetic double stimulation. *Med Sci Sports Exer* 32:1948-1948.

79. Todd, G., Taylor, J.L., Gandevia, S.C. (2003) Measurement of voluntary activation of fresh and fatigued human muscles using transcranial magnetic stimulation. *J Physiol* 551:661-671.

80. Tournovin, S., Sievanen, H., Kannu, P. (2002) Effect of vibration exposure on muscular balance on muscular performance and body balance: randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging* 22:145-152.

- 81.** Uozumi, T., Ito, Y., Tsuji, S., Murai, Y. (1992) Inhibitory period following motor potentials evoked by magnetic cortical stimulation. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 85:273-279.
- 82.** Wasserman, E.M., Pascual-Leone, A., Valis-Sole, J., Toto, C., Cohen, L.G., Hallett, M. (1993) Topography of the inhibitory and excitatory responses to transcranial magnetic stimulation in a hand muscle. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 89:424-423.
- 83.** Ziemann, U., Tergau, F., Wischer, S., Hildebrandt, J., Paulus, W. (1998) Pharmacological control of facilitatory I-wave interaction in the human motor cortex. A paired transcranial magnetic stimulation study. *Electroenceph Clin Neurophysiol* 109: 321-330.
- 84.** Ziemann U., Steinhoff, B.J., Tergau, F., Paulus, W. (1998c) Transcranial magnetic stimulation: its current role in epilepsy research. *Epilepsy Res* 30:11-30.

L

CONSENT FORM

Attachment 1

L

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Bu araştırmada siz ya da bağlı olduğunuz sosyal güvenlik kurumlarından hiğbir ücret talep edilmeyecektir. Kimliğiniz gizli tutularak sadece protokolde belirtilen veriler kullanılacaktır. Bu alışma devam ederken katılımcı olarak yer almaktan vazgeebilirsiniz ve size ait verilerin kullanılmamasını talep edebilirsiniz. Bu formun bir rneği tarafınıza verilecektir. Bu araştırma toplam 24 kişi üzerinde yapılacaktır ve 6 ayda bitirilmesi planlanmaktadır.

Yukarıda gönüllüye araştırmadan önce verilmesi gereken bilgileri gösteren iki sayfalık metni okudum. Bunlar hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Çalışmayla ilgili sorularım için istediğim zaman ulaşabileceğim irtibat telefonları Dr. Fikret Bademkıran (5553619513) ve e-mail(dfowler@isbank.net.tr) adresleri tarafıma verildi. Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi rızamla, hiğbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum. **Bu bilgilendirme formunun bir rneği bana verilmiştir.**

Gönüllünün Adı, İmzası, Adresi (Varsa Telefon No, Faks No) / Tarih :

Açıklamaları Yapan Araştırıcının Adı, İmzası / Tarih :

Rıza Alma İşlemine Başından Sonuna Kadar Tanıklık Eden Kuruluş Görevlisinin Adı,
İmzası, Görevi/ Tarih :

ETHICS COMMITTEE APPROVAL
Attachment 2

EGE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ ARAŞTIRMA ETİK KURULU
RESEARCH ETHICS COMMITTEE OF MEDICAL FACULTY, EGE UNIVERSITY
Bornova, İZMİR-TÜRKİYE
ARAŞTIRMA BAŞVURUSU ONAYI

PROTOKOL KODU	Transkraniyal Manyetik Stimülasyonun Nöromusküler Yanıtında Üst Ekstremité Vibrasyonun Etkisi					
PROTOKOL ADI	Prof. Dr. Mustafa ÇOLAKOĞLU					
SORULMU ARAŞTIRICI UNVANI/ ADI	EU, Beden Eğitimi ve Spor Meslek Yüksekokulu					
ARAŞTIRMA MERKEZİ	-					
DİSTANLETTİCİ FİRMA	-					
FAZİ	-					
DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Böşge Adı AMAŞTIRMA PROTOKOLU BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLURU DİĞU RAPOR FORMU Tarih / Doğum Yılı / No. su Dil Türkçe Türkçe					
KARAR BİLGİLERİ	Karar No : 07-1/9 Tarih : 01.02.2007 Üniversitemizde yapılacak araştırmanın ve yakında başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, araştırma için gönüllü ve/veya bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ödettirmediği koşullarda gerçekleştirilmesinde sakınca olmadığına oy birliği ile karar verilmiştir.					
ETİK KURUL BİLGİLERİ						
ÇALIŞMA ESAS	TY KLİNİK UYGULAMALAR KILAVUZU					
ÜYELER						
Unvanı / Adı / Soyadı / EK Üyelik	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Çalışma Durumu	İlgili (*)	Kabul (*)	İmza
Prof. Dr. Kaan KAVAKLI Başkan	Çocuk Sağlığı Hst. ve Çocuk Klin Hst.	E.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hst.AD.	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Kaan Kavaklı</i>
Prof. Dr. Sibel GÖKSEL Başkan Yardımcısı	Farmakoloji	E.Ü.T.F. Farmakoloji AD.	K	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Sibel Gökse</i>
Prof. Dr. Salih SOYDAN Üye	Patoloji	E.Ü.T.F. Patoloji AD.	K	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Salih Soydan</i>
Prof. Dr. Sevinç ÇAĞIRGAN Üye	İç Hst. ve Hematoloji	E.Ü.T.F. İç Hst. AD. Hematoloji BD.	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Sevinç Çağırkan</i>
Prof. Dr. Mehmet UYAR Üye	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	E.Ü.T.F. Anesteziyoloji ve Reanimasyon AD.	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Mehmet Uyar</i>
Doç. Dr. H. Hakan AYDIN Üye	Biyokimya	E.Ü.T.F. Biyokimya AD.	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Hakan Aydın</i>
Doç. Dr. Faik AKDENİZ Üye	Pediatri	E.Ü.T.F. Pediatri AD.	K	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Faik Akdeniz</i>
Doç. Dr. Ekin Ö. AKTAŞ Üye	Adli Tıp	E.Ü.T.F. Adli Tıp AD.	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Ekin Ö. Aktaş</i>
Yrd. Doç. Dr. Çiğdem ÜSTÜN Üye	Tıp Tarihi ve Deontoloji	E.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Deontoloji	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Çiğdem Üstün</i>
Uzm. Ecz. Ebru BEDİR Raporör	Eczacı / Analitik Kimya	E.Ü.T.F. Araştırma Etik Kurulu	K	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Ebru Bedir</i>
Prof. Dr. Suna TOKSAVUL Üye	Protetik Diş Tedavisi	EÜ Diş Hekimliği Fakültesi	K	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Suna Toksavul</i>
Prof. Dr. Bahri ÖZTÜRK Üye	Cıva ve Cıva Mukarremesi Hakkında	İstanbul Kültür Üniversitesi	E	DE ✓ DH ✓	DE ✓ DH ✓	<i>Bahri Öztürk</i>

* Araştırma ile İlgili
** Toplantıda Bulunma

ASLI GÜBÜR
E.Ü.T.F. Araştırma Etik Kurulu
Bilgi Formu Sayısı: 17

Revizyon Tarihi : 24.06.2005/Ver.no. 2

ÖZGEÇMİŞ

Dianne Elaine Fowler, B.S., M.S.

Miami, ABD; 1958 doğumlu

01/08/1990 tarihinden itibaren Türkiye’de ikamet etmekteyim.

e-posta: dfowler@isbank.net.tr

Lise Eğitimi

Hillwood High School Nashville, Tennessee, ABD

Yüksek Lisans Eğitimi

Master of Science - Physical Education

University of Arizona

Tucson, Arizona, ABD

Ağustos 1980 – Haziran 1982

Lisans Eğitimi UCLA

Bachelors of Science -Kinesiology

University of California

Los Angeles, California, ABD

Eylül 1976 – Haziran 1980

Yüksek Lisans Tezi: “The Effect of Cohesion, Participation Motivation, and Satisfaction on Performance in Intercollegiate Women’s Basketball” 1982

Bilimsel Sunumlar: International FISU Conference Ağustos, 2005 Bilimsel Sunum:
”Sports in Ancient Aphrodisias,” (M. Tok, D. Fowler)

Şimdiki Pozisyonlar

- Şirket Ortağı: Efes Sağlık Spor ve Turizm Ltd. Şti., Alsancak, İzmir
- Beyzbol ve Softbol İl Temsilcisi: İzmir İl Gençlik ve Spor Müdürlüğü;
- Üye: İzmir İl Gençlik ve Spor Müdürlüğü’nün Tenis Komitesi
- Türkiye Tekerlekli Sandalye Tenis (Romania Silver Fund Program - National Team Manager
- Oyuncu ve üyesi: Kütürpark Tenis Kulübü, Alsancak, İzmir; Crea Tenis Kulübü, Balçova, İzmir

Organizasyonlar - Üyelikler

- ABD Profesyonel Tenis Derneği Üyesi (United States Professional Tennis Association)
- Teniste Fen ve Tıp Derneği (Society for Tennis Medicine and Science Member)
- Ege Tenis Vakfı (ETV) dernek üyesi
- American College of Sports Medicine
- American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance
- Türkiye Basketbol Federasyonu- Antrenör (Kulüp Lisans)

Öğretim Üyesi

Adjunct Professor, Department of Physical Education

University of Arizona (1980-1982)

Yüksek lisans ve lisans öğrencilerine: basketbol, tenis, vücut geliştirme, koşma ve eskrim

Antrenör

Bayan Basketbol Takımı

University of Arizona

(Pac-Ten, Division 1)

1980-1982

Bayan Basketbol Takımı

Cincinnati Recreation League

1984-1990

Izmir Spor Kulübü, Izmir

Basketbol Oyuncusu

1990-1998

İzmir Spor Kulübü

1981

Kaptan, USA All-Star Takımı: Çin, Filipin Adaları, Hong Kong

1979

UCLA: AIAW (NCAA) Final Four

1978

UCLA: AIAW (NCAA) Ulusal Şampiyonu

1977

Junior Pan-American Milli Takımı: Şampiyon Takımı

1976

AAU – Kaptan Ulusal Şampiyon Takımı

