

**T.C.**  
**SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**  
**EĞİTİM BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**ENSTİTÜ ANA BİLİM DALI**  
**BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLİĞİ BİLİM DALI**

**TİTREŞİM UYGULAMALARININ SIÇRAMA**  
**PERFORMANSINA AKUT ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ŞENER SOYLU**

**ARALIK 2012**



**T.C.**  
**SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**  
**EĞİTİM BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**ENSTİTÜ ANA BİLİM DALI**  
**BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ÖĞRETMENLİĞİ BİLİM DALI**

**TİTREŞİM UYGULAMALARININ SIÇRAMA**  
**PERFORMANSINA AKUT ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ŞENER SOYLU**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. ERTUĞRUL GELEN**

**ARALIK 2012**



## **BİLDİRİM**

Hazırladığım tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt ederim.

**Şener SOYLU**

## JÜRİ ÜYELERİNİN İMZA SAYFASI

Titreşim uygulamalarının sıçramaya olan akut etkisi, başlıklı bu yüksek lisans tezi eğitim bilimleri anabilim dalı beden eğitimi ve spor öğretmenliği bilim dalında hazırlanmış ve jürimiz tarafından kabul edilmiştir

Başkan ..........(İmza)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Prof. Dr. S. Can Küçük

Üye..........(İmza)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Doç. Dr. Entekül Çeliker

Üye..........(İmza)

Akademik Unvanı, Adı-Soyadı

Yrd. Doç. Dr. Canan Albayrak

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

21/12/2012

(İmza)

  
Doç. Dr. İsmail ÖZLEK

Enstitü Müdürü Y.

## ÖNSÖZ

Günümüzde sportif etkinlikler ile kazanılan büyük başarılar toplum hayatının her kesiminde büyük önem taşımaktadır. Her geçen gün ilerleyen bilim ve teknolojinin yardımıyla spordaki yeni dereceler sürekli güncelleniyor. Artık ülkeler yeni sporcularla değil, bilim ve teknolojiye verdikleri önem kadarı ile yeni başarılar elde edebiliyorlar. Bunun neticesinde, başarının ardında spor biliminin ne kadar önemli bir yer edindiğini artık görebiliyoruz.

Son yıllarda popüler olan titreşim antrenmanlarının nörofizyolojik etki yollarının açıklanması; güç, kuvvet, sürat ve esneklik antrenmanlarının daha iyi anlaşılıp, çok daha etkin bir biçimde kullanılması için bu konuyu seçtik.

Tezimin hazırlanması sırasında katkılarından, bana gösterdiği sabır ve anlayıştan, tez çalışmamın planlanması, gerçekleştirilmesi ve yorumlanması aşamalarında beni yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ertuğrul GELEN'e (Sakarya Üniversitesi) içtenlikle teşekkür ederim.

Bana yardım eden kardeşime;

Hayat boyu sevgisi desteği yardımları için Anne ve Baba'ma

Sonsuz teşekkürler...

## ÖZET

TİTREŞİM UYGULAMALARININ SIÇRAMA PERFORMANSINA AKUT ETKİSİ

Soylu, Şener

Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Ertuğrul Gelen

Aralık, 2012. 56 Sayfa.

Son yıllarda titreşim bir egzersiz ve antrenman yöntemi olarak oldukça popüler olmuş ve araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu çalışmanın amacı bir egzersiz ve antrenman yöntemi olarak titreşim uygulamalarının sıçrama performansına olan akut etkisini incelemektir.

Bu araştırmada denek grubunu Sakarya Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda öğrenim gören 25 denek (yaş  $22.2 \pm 1.7$  yıl, boy  $179.2 \pm 4.8$  cm, beden ağırlığı  $71.5 \pm 9.0$  kg) oluşturmuştur. Bu araştırma düşük yoğunluklu aerobik egzersizi (jog) takiben (a) 35 Hz (3x30 sn) frekans yoğunluğunda titreşim ve (b) sadece düşük yoğunluklu aerobik egzersiz (hiç titreşim olmadan) yöntemlerinden oluşmaktaydı. Denekler her uygulama rutininden 2 dk sonra aktif ve skuat dikey sıçrama testini gerçekleştirmiştir. Tüm uygulama ve testler birbirini izlemeyen günlerde ve raslantısal düzende gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel çözümlenmelerde nonparametrik düzende Wilcoxon testi uygulanmıştır.

*Aktif dikey sıçrama için;* sıçrama yüksekliği, zirve güç ve ortalama güç açısından titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel fark bulunmuştur (sırasıyla,  $Z = -2.086$ ;  $p < 0.05$ ;  $Z = -2.408$ ;  $p < 0.05$ ;  $Z = -3.054$ ;  $p < 0.01$ ). Bunun yanında *Skuat dikey sıçrama için;* sıçrama yüksekliği, zirve güç ve ortalama güç açısından titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel fark bulunamamıştır (sırasıyla,  $Z = -0.121$ ;  $p > 0.05$ ;  $Z = -0.363$ ;  $p > 0.05$ ;  $Z = -0.363$ ;  $p > 0.05$ ).

Sonuç olarak, 35 Hz frekans aralığında uygulanan titreşimin aktif sıçrama performansını arttırılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Titreşim, Sıçrama, Antrenman, Performans



## ABSTRACT

### THE ACUTE EFFECT OF VIBRATION APPLICATIONS ON JUMPING PERFORMANCE

Soylu, Şener

Education Sciences Department Physical Education and Sports Teaching Discipline  
assoc. PROF.

Advisor: Doç.Dr. Ertuğrul Gelen

December, 2012. 56 pp.

Recently, vibration has become very popular as a method of exercise and training and drawn attention of researchers. The aim of this study is to analyse the acute effect of vibration applications -as a method of exercise and training- to performance of jumping.

In this study experimental group consists of 25 experimentals who is studying at Sakarya University Department of Physical Education and Sports. (age  $22.2 \pm 1.7$  years, height  $179.2 \pm 4.8$  cm, body weight  $71.5 \pm 9.0$  kg). This study included a) vibration at density of 35 Hz (3x30 sn) frequency that result from aerobic exercise that has low density and b) just methods of aerobic exercise (without any vibration) that has low density. Experimentals has taken the tests of active and squat jumping after 2 minutes in each application. All applications and tests have been given in noncontiguous days in a random scheme. In statistical analyses Wilcoxon has been applied in nonparametric scheme.

For active vertical jumping; height of jumping, the difference between before and after the application of vibration related to the point of top power and average power has been found. (respectively,  $Z = -2.086$ ;  $p < 0.05$ ;  $Z = -2.408$ ;  $p < 0.05$ ;  $Z = -3.054$ ;  $p < 0.01$ ). In addition to this, For squat vertical jumping; , the difference between before and after the application of vibration related to the point of top power and average power could not be found. (respectively,  $Z = -0.121$ ;  $p > 0.05$ ;  $Z = -0.363$ ;  $p > 0.05$ ;  $Z = -0.363$ ;  $p > 0.05$ ).

As a result, it is concluded that vibration that is applied at the range of 35 Hz frequency could increase the performance of active jumping.

**Keywords:** Vibration, Jumping, Training, Performance

## İÇİNDEKİLER

Bildiri.....	i
Jüri Üyelerinin İmza Sayfası.....	ii
Önsöz.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	v
İçindekiler.....	vi
Kısaltmalar.....	viii
Tablolar Listesi.....	ix
Şekiller Listesi.....	x
1. Bölüm, Giriş.....	1
1.1.Araştırmanın Amacı.....	2
1.2.Araştırmanın Ana ve Alt Problemleri.....	2
1.3.Araştırmanın Denencesi (Hipotezi).....	2
1.4.Araştırmanın Sınırlılıkları.....	2
1.5.Araştırmanın Sayıtları.....	2
1.6.Tanımlar.....	3
2.Bölüm, Genel bilgiler.....	4
2.1.Titreşime Genel Bir Bakış.....	4
2.1.1.Titreşim Çalışmasının Sağladığı Faydalar.....	8
2.1.2.Güç Geri Beslenmesinde Yeni Gelişmeler.....	11
2.1.3.Güç Geliştirmede İa Geri Beslenmesinin Rolü.....	11
2.2.Titreşim Çalışmasının Etkileri.....	14
2.2.1.Titreşimin Kuvvet, Hız ve Güç Üzerindeki Etkileri.....	14
2.3Titreşimin Nörofizyolojisi.....	15
2.3.1.Kas iğciği ( Ekseni).....	15
2.3.1.1.Golgi Tendon Organı.....	17
2.3.1.2.Miyotatik Refleks.....	18
2.3.1.3.Tendon Refleksi.....	20
2.4.Titreşimle Antrenman.....	20
2.4.1.Titreşim Antrenmanı ve Ekipmanı.....	20
2.4.2.Toplumda Titreşim Antrenmanının Faydaları.....	21

2.5.Titreşimin Yapısal Etkileri.....	21
2.6.Titreşimin Diğer Etkileri.....	27
2.6.1.Esneklik Üzerine Etkiler.....	27
2.7.Titreşimin Zararlı Etkileri.....	28
2.7.1.Zararlı Etkiler.....	28
2.8.Titreşime Dayalı Fizyolojik Tehlikeler.....	30
3.Bölüm, Yöntem.....	32
3.1.Denekler.....	32
3.2.Veri Toplama Araçları.....	32
3.3.Prosedürler.....	32
3.4.Verilerin Toplanması.....	33
3.5.İstatistiksel Analiz.....	33
4.Bölüm, Bulgular.....	34
4.1.Deneklerin Demografik Özellikleri.....	34
4.2.Deneklerin Sıçrama Performansları.....	34
4.3.Deneklerin Skuat Sıçrama Performansları.....	35
5.Bölüm , Tartışma, Sonuç ve Öneriler.....	36
5.1 Tartışma.....	36
5.2 Sonuç ve öneriler.....	38
6.Kaynakça.....	39
7.Özgeçmiş.....	42

## **KISALTMALAR**

- TVR** : Tonik titreşim refleksi  
**SSC** : Germe-kısaltma-döngüsü  
**GTO** : Golgi tendon organları  
**HAVS** : El-kol titreşim sendromudur  
**EMG** : Elektromiyogram

## TABLÖLÄR LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Deneklerin Demografik Özellikleri.....	35
<b>Tablo 2:</b> Deneklerin Sıçrama Performansları.....	35
<b>Tablo 3:</b> Deneklerin Skuat Sıçrama Performansları.....	36

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil 1:</b> Kas içciği Organizasyon Şeması.....	15
<b>Şekil 2:</b> Farklı Durumlarda Kas içciği Tepkileri.....	16
<b>Şekil 3:</b> Anatomik Pozisyonda Golgi Tendon Organı Diyagramı.....	18
<b>Şekil 4:</b> Omurilik Düzeyinde Kas içciği Afferent ve Efferent Liflerin Bağlantılarının Şematik Bir Gösterimi.....	19



## BÖLÜM I GİRİŞ

Günümüzde sporun önemi giderek artmaya devam etmektedir. Yaşam şartları bireyleri fiziksel olarak geriye götürmeye devam ediyor. Bu nedenden ötürü insanların spora olan ihtiyaçları gün geçtikçe artmaktadır. Spor insanların hayatlarının geri kalan kısmını daha kaliteli yaşamak için yapılan bir uygulamadır. Bunun neticesi olarak insanlar düzenli ve isteyerek buna devam etmelidirler. Bu işin yalnız sağlık kısmıydı. Bir de performans kısmı var. Kimi insanlar sporu sağlık için yaparlar. Kimileri sosyal olan birey statüsü kazanabilmek için yapar. Kimileride performans gösterip kazanç elde edebilmeyi amaçlamıştır. İyi bir kazanç elde edebilmek içinde en öncelikle olan şart iyi bir performans ya da derece gösterebilmektir. Performansın gerçekleştirilmesi içinde yapılan hareketlerin mükemmelliği, öncesinde yapılmış olan antrenmanlara ya da hazırlık aşamalarına bağlıdır.

İşte bununla birlikte spor adamları ve spor bilimciler beden eğitimi ve sportif ortamlarda bilimin vazgeçilmezliği konusunda görüş birliğine varışlardır. Bu konuda çalışanların sayısında belirgin bir yükselmenin olması bu alandaki araştırmaların sayısını ve çeşitliliğini arttırmaktadır. Spor bilimleri günümüzde çok genel bir terim olup daha küçük dallara ayrılmıştır. Sonuç olarak performansı arttırmada ve sağlık için yapılan spora yönelik literatürde güncel basın organlarının da ilgisini çeken bir alandır. İşte bu nedenlerden ötürü spor bilimi spor performansı üzerinde titreşim ve insan vücudu ikilisi önemi üzerinde geniş araştırmalar yapmıştır. Dolayısıyla da bu konular üzerine yoğun bir ilgi oluşmuştur.

Titreşimin spor alanında uygulanmasının uzun bir tarihi vardır. Ancak, bu çalışma yöntemi 1980'lerin sonuna kadar bilim adamlarının ilgisini çekmeyi başaramamıştır (Cardinale ve Bosco, 2003).



Titreşim protokollerinin titreşim çalışmalarının sonuçlarını önemli oranda etkilemesinin yanı sıra; titreşim, yapılan harekete özel etkiler de ortaya çıkarabilir. Bir Rus antrenör olan Nasarov sporculara özellikle atletlere yardımcı olmak için titreşim uyarılmasını uygulayan ilk kişidir. Titreşim dalgası, doku içinde uzakta yer alan kasa uygulanmış ve daha iç kısımdaki kas hücrelerine geçirilmiştir. Nasarov titreşim yaratmak için özel bir alet kullanmıştır. Titreşim frekansı 23 Hz idi. Bunun da ötesinde, Nasarov titreşim çalışmalarının kan dolaşımını hızlandırdığını ileri sürdü. Bir antrenman aracı olarak titreşim değişik bilim adamlarınca araştırıldı (Nasarov, 1991; Künnemeyer ve Schmidtbleicher, 1997)

İşte bunlardan ötürü titreşim uzun yıllar birçok spor bilimcisinin ilgi alanı olmuş. İyi tasarlanmış ya da iyi planlanmış titreşim uygulamaları ile dikey sıçrama performansının artabileceği mümkündür.

### **1.1.ARAŞTIRMANIN AMACI**

Titreşim uygulamalarının sıçrama performansına akut etkisinin belirlenmesi

### **1.2.ARAŞTIRILANIN ANA VE ALT PROBLEM**

#### **Ana Problem**

Titreşim uygulamalarının sıçrama performansına akut etkisi var mıdır ?

#### **Alt Problemler**

Titreşim uygulamalarının aktif sıçrama performansına akut var mıdır?

Titreşim uygulamalarının skuat sıçrama performansına akut var mıdır?

### **1.3.ARAŞTIRMANIN DENENCESİ (HİPOTEZİ)**

Titreşim uygulamalarının sıçrama performansına pozitif akut etkisi vardır.

Titreşim uygulamalarının skuat sıçrama performansına pozitif akut etkisi vardır.

#### **1.4.ARAŞTIRMANIN SINIRLILIKLARI**

Araştırmaya katılan denekler, Sakarya Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu öğrencileri ile sınırlıdır.

#### **1.5.ARAŞTIRMANIN SAYILTI LARI**

Sporcuların aktif dikey sıçramayı tam performans ile yaptıkları varsayılmıştır.

Araştırmaya katılan deneklerin testten bir önceki gün ve test gününde yorucu bir egzersiz yapmadıkları varsayılmıştır.

Sporcuların maksimum performans göstermeleri için motive edileceğinden ve çalışmaya katılan deneklerin uygulanacak titreşim için istemli ve bu titreşim sonrasında üst düzey performans sergileyecekleri varsayılmıştır.

#### **1.6.TANIMLAR**

**EMG:** Motor ünitelerdeki tüm elektriksel aktivitenin ölçüm elektrodları ile belli bir sahadan yazdırılmasıdır.

**Gerilme Refleksi:** İskelet kası, boyunda meydana gelen uzamaya karşı kasılarak cevap verir. Buna gerilme refleksi denir

**Tonik Titreşim Refleksi:** Titreşim dalgalarının, tonik bir gerilme refleksi yaratmasına denir (Ertekin, 2006).

**İzometrik:** Eşölçülü.

**Osteoropoz:** Kemiklerin kütle kaybetmesine yol açan ve en yaygın görülen kemik metabolizması hastalığıdır

**Oksidasyon:** Bir elementteki oksijen miktarının artması veya oksijenin diğer elementlerle birleşmesidir

**Plasebo:** Bir ilaca yüklenilen ama onun farmakolojik özellikleriyle açıklanamayan tedavi edici etki veya yan etki,

**Diagnostik:** Teşhis & tanıya dayalı olan çalışmalar, tetkik ve analizler bütünü.

**İzotonik:** Hücrenin iç ve dış ortamının aynı osmotik basınca sahip olma durumudur.

**Maksimal Oksijen Tüketimi (Max.VO2):** Giderek artan aerobik bir kas egzersizi esnasında, kullanılan maksimal oksijen miktarıdır.

## **BÖLÜM II GENEL BİLGİLER**

### **2.1. TİTREŞİME GENEL BİR BAKIŞ**

Titreşim, bir cismin dinlenik konumuna göre düzenli veya düzensiz olarak oluşturduğu periyodik hareketlerle meydana gelen mekanik salınımlar olarak tanımlanmaktadır. İnsan vücudunda titreşim vücutla temas eden bir araç ya da mekanizmanın periyodik hareketleriyle oluşmaktadır (Kin-İşler, 2007).

Vibrasyon titreşimli hareket olarak tanımlanır ve insan titreşim sahası çok disiplinli bir konudur. Mühendislik, ergonomi, matematik, tıp, fizik, fizyoloji, psikoloji ve istatistik gibi birçok bilimden bilgileri gerektirir. İnsanlarda tüm bedenden ya da elden-geçen titreşim birkaç şekilde meydana gelir. Motorlu araçlar, gemiler, uçaklar, binalar ve endüstriyel araçlar bunlara örnek olarak verilebilir. Eğer bir kişi bahsedilen bu örneklerden birinde bir titreşime maruz kalıyorsa hissedilen duyarlılık önemli ölçüde farklılık gösterir. Bu ortamlarda titreşimin özellikleri de değişiklik gösterir. Titreşim; titreşimin boyutu olan büyüklüğe ve titreşimin tekrarlanma sıklığı ile belirlenen frekansa göre değişiklik gösterir (Künnemeyer ve Schmidtleicher,1997).

Genel olarak sportif faaliyetlerde titreşimin şekli rastgeledir. Bundan farklı olarak, titreşim platformlarının kullanıldığı ve tüm beden titreşime maruz kaldığı antrenmanlarda, platformdaki kişiye geçen titreşim sinüs eğrisi şeklindedir. Yani, bu titreşim şekli önceki titreşimlerden tahmin edilebilir ve belirli bir zaman aralığında kendini tekrar eder (Künnemeyer ve Schmidtleicher,1997).

Titreşim genliği ve frekansı olan salınımlı bir hareket yapmaktadır. Bir cismin pozitif ve negatif yöndeki en büyük yer değiştirmesi olarak tanımlanan titreşimin genliği salınımın büyüklüğünü milimetre (mm) cinsinden belirlerken, birim zamanda

tamamlanan titreşim sayısı olarak tanımlanan titreşim frekansı salınımın tekrarlama hızını Hertz (Hz) cinsinden belirlemektedir (Kin-İşler, 2007).

Titreşimin frekansı Hertz (Hz) ile ölçülür. Titreşimin biyolojik etkisini belirleyen temel etken budur. Titreşimi incelerken değineceğiz (Künnemeyer ve Schmidtbleicher, 1997).

İnsan vücudu üzerinde ise titreşimin etkileri uzun yıllardan beri araştırılan bir konudur. Eskiden, hastanın engebeli arazilerde bir araç ile dolaştırılmasının terapik etkileri insanlar arasında kabul edilen bir kavramdı. Dolayısıyla insanlar bu şekilde böbrek taşlarından kurtulabiliyorlardı. Titreşimin insan bedeni üzerindeki olumlu etkileri fizyoterapik ve klinik koşullarda da kanıtlanmıştır. Bu uygulamalarda titreşim, ağrı tedavisi ve paretik ve spastik kaslara tepki verdirmek amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde ise, osteoropozun tedavisinde ve önlenmesinde bununla birlikte tüm bedende titreşimin kullanılmasını inceleyen araştırmalar yapılmaktadır.

Son zamanlarda, atletlerin antrenman metodlarını geliştirmek için titreşimin kullanılması birçok araştırmaya da ayrıca konu olmaktadır. Titreşim, dirsekleri esnetme gibi güç ve esneklik antrenmanı hareketlerinde kullanılmaktadır. Bu sayede kişilerin titreşim platformları üzerine çıkmalarıyla titreşimler tüm vücut üzerinde etkili olmaya başlıyor. Bu örneklerde, titreşim dalgası kas gruplarının uzak bağlantı noktalarından yakın bağlantı noktalarına doğru yayılır ve bireylerden titreşim seansı boyunca istemli kas kasılmaları yapmaları istenir. Bu yöntemle titreşimin kullanılmasının, seans boyunca elektro-miyogramı (EMG) artırdığı gözlemlenmiştir. 3 haftalık bir antrenman periyodu süresince üst kol ve bacaklara titreşim uygulanmasının sonucuna baktığımızda kürek-çekme hareketinin maksimal gücü artırdığı saptanmıştır (Issurin, 1994).

Tüm vücuda verilen titreşim uygulaması aynı zamanda titreşim sonrası dönemde güçte önemli artışlara yol açmıştır. Bu uygulamanın ayrıca erkeklerin hormonal profillerinde önemli değişimleri başlattığı da gözlemlenmiştir. Titreşimin antrenmanlardaki etkilerine ek olarak, titreşim sonrası dönemde gözlemlenen güç artışı, aşırı güç gerektiren spor müsabakalarında yarışan atletlerin daha iyi ısınmalarına da olanak sağlar. Yukarıda bahsedilen tetkiklerin ve araştırmaların tümü titreşimle antrenman periyodu ile atletlerin performanslarını artırmanın olası olduğunu gözler önüne sermektedir (Nasarov, 1991).

Ayrıca titreşim istemsiz kas kasılmalarını başlatabilir. Titreşim, elektriksel uyarılara tepki veremeyen kaslarda bile kasılmalara neden olabilir. Titreşimin başlattığı istemsiz kasılma araştırması üzerinde Eklund ve Hagbarth (1969) çalışmalar yapmışlar ve tonik titreşim refleksi (TVR) kavramını ortaya çıkartmışlardır. Paretik ya da zarar görmüş kasların kasılmalarını kolaylaştırmak maksadıyla tonik titreşim refleksinin kullanılmasını öngören fizyoterapik teknikler geliştirmek için birçok girişim yapmışlardır (Bishop, 1974).

Fizyoterapik ve klinik uygulamalarda ise uyarılma hedef kasa ya da tendon bölgesine yapılır. Uyarılma sporcu faaliyetleri için uygun değildir. Sportif uygulamalar için daha uygun bir yaklaşım titreşimin tüm vücuda uygulanması şeklinde olanıdır. Bu yaklaşım, ancak titreşim dalgasını yakın kaslardan uzak kaslara doğru ileten titreşim plakaları vasıtasıyla uygulanabilir. Bu tür ekipmanlar statik gerilme ya da kasılmayı lokal titreşimle birleştirebilir. Titreşim yüklemesinin yoğunluğu, frekans ve büyüklüğe bağlı olan ivme tarafından belirlenir (Nazarov ve Spivak, 1987).

Tam hareket serbestisiyle dinamik egzersizler icra etmek için orijinal titreşim uyarıcısı (vs) geliştirilmiştir; bu şekilde mekanik salınımlar bir kablo vasıtasıyla bir mekanik bir kola oradan da sporcunun bedenine geçirilir (Issurin ve Ark.,1994). Hem statik hem de dinamik teknikler esneklik ve güç antrenmanlarında kullanılabilir. Bu egzersizlerde kullanılan salınım frekansı (4-70 Hz) kliniklerde kullanılan frekanslardan (50-300 Hz) çok daha düşüktür (Matthews, 1966).

Lokal titreşimle mukayese edildiğinde tüm bedene uygulanan titreşim görece yeni bir tekniktir (Bosco ve Ark, 1998). Bu tekniğin yan etkileri iyi bilinmesine rağmen kullanılması için tavsiye edilmektedir. Ancak, kullanılan bu tekniklerin fizyoloji üzerindeki hem akut hem de kümülatif etkilerinin çok iyi irdelenmesi gerekir (Wilkstrom ve Ark, 1994).

Bunun yanında bir de titreşim masajı vardır. Geçmişe yönelik analizler yapıldığında titreşim masaj türünün geniş çaplı olarak kullanıldığı iki dönem göze çarpar. Birinci dönem titreşim tedavisinin temellerinin atıldığı ikinci yüzyılın başıdır. O dönemde birçok öncü çalışma dünyaca tanınmış araştırmacılar tarafından gerçekleştirilmiş ve bu konuyla alakalı olarak 2 kitap yazılmıştır. Daha sonra yayınlanan kitaplar ve makaleler ile bu masajın 2 temel amacı olduğu üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu

amaçlar sırasıyla yenileme (restorasyon) ve uyarılma idi. Titreşim masajının etkisini belirleyen temel özellikler titreşim frekansı ve titreşimin bölgeye uygulanma süresidir. 15-50 Hz şiddetindeki düşük frekanslı titreşim masajı oksijen alımını, kan ve kas oksidasyonunu, lokal ve genel kan dolaşımını, masaj yapılan dokulardaki lokal ısıyı ve kas enzimlerinin aktivasyonlarını artırır. Ortaya çıkan diğer sonuçlar ise vücutta genel bir rahatlama, miyofasyal dokuların gevşemesi, duygusal gerilimin düşmesi şeklindedir. Yüksek frekanslı masaj (100-170 Hz) merkezi sinir sisteminin uyarılabilirliğini artırır ve kan basıncını yükseltir. Profesyonel çalışmalarda, yüksek frekanslı masajın kas ahengini artırdığı ve kasların çabucak ısınmasını sağladığına dair bulgular mevcuttur (Beck, 1999).

Titreşim masajının sportif alanlarda kullanımına dair yapılan çalışmalar 1960 da başladı. Temel olarak titreşim masajının iki amacı vardır:

1. İyileştirici süreçleri harekete geçirip hızlandırmak ve dolayısıyla sporcuların daha yüksek seviyede ki yüklemelere adapte olmalarını kolaylaştırmaktır.
2. Sporcuların çalışma potansiyelini arttırmak ve müsabakalara hazır olma durumlarını artırmaktır (Nikandrov ve Kopysov, 1981).

Hem düşük hem de yüksek frekanslı masajla pozitif etkilerin sağlanabileceğine dair bulgular mevcuttur. Titreşim masajının türüne göre bu çalışmalarda uygulanan işlemlerin süresi çeşitlilik gösterir: Düşük frekanslı masaj genellikle 20-30 dk arası sürerken yüksek frekanslı masaj ise sadece 3-5 dakika arasında sürmektedir (Fiodorov, 1971).

Bu masajın haltercilerin, kayakçıların ve boksörlerin performansları üzerinde uyarıcı bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Ancak, bu çalışmada plasebo etkisi de görmezden gelinemez (Fiodorov, 1971). Çalışmalarda elde edilen bulgular titreşim masajının maksimal bacak kuvveti üzerindeki etkilerini inceleyen araştırma sonuçlarıyla uyumsuzdur. Bu çalışmada her hangi bir pozitif etki tespit edilememiştir. Maalesef, bu çalışmada titreşim frekansının kullanılıp kullanılmadığı belirsizdir (Cafarelli ve Ark, 1990).

Birçok araştırmacı titreşim masajının analjezik etkilerinden söz etmiştir. Güçlü ve lokal bir anestezi hareketin titreşim masajının temel faydası olduğu ileri sürülmektedir. Bu masaj kas iskelet sistemi ağrılarını tedavi etmede faydalıdır. 10-15

Hz arası titreşim masajı güç antrenmanları sonucu ortaya çıkan kas yorgunluğunu azaltmaktadır (Fiodorov, 1971).

Bu masajın kas yorgunluğunu azaltan fizyolojik mekanizmaları hakkında fazla bilgi sahibi değiliz. Bazı çalışmalarda özellikle titreşime karşı duyarlı olan mekanik reseptörler incelenmiştir; bu reseptörler kas iğlerinin birincil uçları ve pakinian parçacıklarıdır. Vücutta geniş bir yüzeyin ve altındaki dokuların hasar görmesi durumunda orta şiddetli basınç ve yastıklama uygulamasıyla acının hafifletilmesi ve iyileşme sürecinin hızlanması sağlanmıştır. Bu tür uygulamalar bağlantı dokularındaki pakinian parçacıklarını, motor iğlerinin birincil uçlarını harekete geçirebilir. Deride, alt dokularda ve kemiklerde yer alan diğer reseptörler de bu etkiye katkı sağlayabilirler (Lundeberg ve Ark, 1984).

Bu masajın iyileştirici etkisi dolaşımında meydana gelen gelişmeyle ortaya çıkar. Titreşim masajıyla yakın ve derin dokuların ritmik düşük frekanslı salınımlara maruz bırakılması kan akışını hızlandırır, çalışmada ortaya çıkan metabolitlerin taşınmasını kolaylaştırır ve kılcal damarların geçirgenliğini artırır (Russell, 1960).

### **2.1.1. Titreşim Çalışmalarının Sağladığı Faydalar**

Bosco ve arkadaşları titreşim platformuyla uygulanan tüm vücut titreşim egzersizlerinin dikey sıçrama becerisini % 3,8 ve bacak kuvvetini % 7 oranında arttırdığını rapor etmişlerdir (Bosco ve Ark., 2000).

Bir Rus antrenör olan Nasarov sporculara özellikle atletlere yardımcı olmak için titreşim uyarılmasını uygulayan ilk kişidir. Titreşim dalgası, doku içinde uzakta yer alan kasa uygulanmış ve daha iç kısımdaki kas hücrelerine geçirilmiştir. Nasarov titreşim oluşturmak için özel bir alet kullanmıştır. Titreşim frekansı 23 Hz idi (Künnemeyer ve Schmidtbleicher, 1997).

Bunun da ötesinde, Nasarov titreşim çalışmalarının kan dolaşımını hızlandığını ileri sürdü. Bir antrenman aracı olarak titreşim değişik bilim adamlarınca araştırıldı (Künnemeyer ve Schmidtbleicher, 1997).

Bosco'nun araştırma takımı;deneklerin ayak parmakları üzerinde çalışarak titreşim antrenmanı yaptıkları bir platform kullanıyorlardı (Bosco, 1999). Issurin ise düzenli ağırlık çalışmaları boyunca titreşimi kullanıyordu (Issurin, 1994). Bu şekilde birkaç



hafta çalışma yaptıktan sonra, Issurin hareketin yapıldığı andaki maksimal kasılmada da bir güç artışı olduğunu keşfetti (Issurin, 1994).

Bosco'nun araştırma takımı, birkaç haftalık antrenmanlardan ve sadece bir titreşim seansından sonra bile bir etkinin ortaya çıktığını gözlemlediler. Son olarak, çok yakın zamanda yapılan ve henüz yayınlanmamış olan bir çalışmada titreşim çalışmalarının etkileriyle maksimal ağırlık çalışmalarının etkilerinin aynı olduğu kanıtlandı (Bosco, 1999).

Nazarov ve Zilinski titreşim halkalarıyla omuz germe çalışmalarının önemli akut etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Her seansta titreşimin net süresi 4 dakikaydı. 14 jimnastikçi hareket kabiliyetlerini artırdı ve bu etki 30 dakika sürdü (Nazarov ve Zilinski, 1984).

Issurin ise tıp fakültesi öğrencilerinden oluşan 2 grup üzerinde esneklik alışmalarının etkilerini inceledi. Öğrenciler 3 hafta boyunca haftada 3 antrenman yaparak çalıştılar. Birinci grup düzensiz çalışmalar yaptılar ve bu grubunun programı belliydi ve her seansı 7 dakika süren dinamik ve statik gerdirme egzersizlerinden oluşuyordu. İkinci gruba ise 44Hz ve 22m/s<sup>2</sup> lik ivmeli titreşim uyarıcısı kullanıldı. Bu grupta % 8,7, birinci grupta ise %2,4 gelişme sağlandı. Bu çalışmada titreşim uygulanan kasların kan dolaşımını hızlandırdığı tespit edildi. Artan kan dolaşımı aynı zamanda termal bir etki de yaratır (Issurin ve Ark., 1994).

Bosco tarafından birçok çalışmada belirtilmiştir. Bu çalışmaların ilkinde, 12 boksöre her biri 1 dakika süren ve sadece kollarının birine uygulanan 5 adet titreşim seansı uygulanmıştır. Diğer kola her hangi bir titreşim uygulanmamıştır. Titreşim uygulanan kol seans boyunca yarı kasılmış haldedir ve 2,8 kg'lık ağırlık kaldırılmaktadır. Titreşim uygulanmayan kolun gücü artmazken diğer kolda güç artışı belirlenmiştir (% 12). Bu sonuçlar Bosco tarafından yapılan bir başka çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada 14 bayan voleybolcu kullanılmıştır. Bacaklardan birine 1'er dakikalık 10 titreşim seansı uygulanmış ve her seans arasında 1'er dakikalık dinlenme molası verilmiştir. Bu sefer kullanılan titreşim frekansı 26 Hz, büyüklük 10 mm ve ivme ise 54 m/s<sup>2</sup>'dir. Deneklere titreşim platformunda parmak uçlarında dururken titreşim verilmiştir. Dizlerin kırılma açısı 100 derecedir. Bu çalışmada da, akut bir titreşim etkisi gözlenmiştir; güç % 5,8 ila 7,6 arasında artış göstermiştir (Bosco ve Ark., 1999).

Bosco'nun araştırma grubunun yakın zamanda yaptığı bir araştırmada titreşim çalışmalarının etkilerine değişik zeminler hazırlamak için çalışmalar yapılmıştır. Titreşim çalışmasından 10 dakika sonra kandaki testosteron ve büyüme hormonu miktarında artış gözlenmiştir. Yüksek derecedeki testosteron yoğunluğu sinir ileticilerinin faaliyetlerini kolaylaştırabilir. Bunun da ötesinde, testosteron yoğunluğu ve patlama kuvveti arasında bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir ancak bu ilişkinin nedensel olduğu söylenemez. Dinamik bacak presinde % 7'lik bir artış sağlanmıştır (Bosco ve Ark., 1999).

Şunu unutmayalım ki güç geliştirmede titreşim etkisini unutmayalım.

Buradan da anlaşıldığı gibi titreşimin insan vücuduna etkisi açık bir şekilde belirtiliyor. Fakat şunu da iyi bilmeliyiz ki güç ve kuvvetin gelişmesi sadece kas içindeki değişimlerle sağlanmaz.

Titreşim çalışmalarının sağladığı en önemli fayda kas gücünün gelişmesinde sağladığı olanaklardır. İşte bu nedenledir ki birçok çalışmanın ağırlık noktası bu husus olmuştur. Önceki kısımlarda da belirttiğimiz üzere, titreşim refleksif kasılma oluşturur. Kas gücünün artırılmasının iki temel bileşeni vardır. İlk olarak, yoğun ağırlık çalışmalarıyla kas gücünde değişiklikler sağlanabilir. Kas dokusunun kasılma özellikleri artar ve sonuç olarak maksimal kasılmayla birlikte daha fazla güç ve kuvvet elde edilir. Kas içinde meydana gelen gelişmelerden ziyade, kas gücünün artırmak için nörolojik uygulamalar da kullanılabilir. Kas liflerinin kontrol edilmesi antrenman yapmamış olan denekler üzerinde biraz daha zordur. Merkezi sinir sisteminin daha yukarıdaki kısımlarında meydana gelen sinirsel itme tüm kas liflerinin kasılmasını sağlamayabilir. Öte yandan, maksimal efor sarf ederken tüm kas liflerinin kasılmasını engelleyici çeşitli etkiler vardır. Bu engelleme durumunun yorulma esnasında önemli etkilerinin olduğu saptanmıştır. Bu iki faktörün sonucu olarak, tüm motor birimlerin maksimal efor sarf etme boyunca çalışmadıkları ileri sürülebilir. Örneğin, manyetik rezonans teknolojisi maksimal kasılma boyunca kasın tamamının kasılmadığını ortaya koymaktadır; belirli lifler burada kullanılmadan kalırlar. Bu duruma çarpıcı bir örnek de ek dış uyarılmalarla kasılma gücünün artırılabilmesidir. Bunun da ötesinde, hayali çalışmalardan sonra kasılma gücünde artışların olduğu çeşitli çalışmalarda kanıtlanmıştır. Bu da hareketlerin sadece zihinde yapıldığını göstermektedir. Yukarıda söz edilen bulguların daha çok sıklıkla kullanılmayan kas gruplarında elde edildiğini söylemekte fayda vardır. Bu etkilerin

iyi eğitimli sporcularda tetkik edilmesi çok daha zordur. Öte yandan, kas yorulması ve kasılma kuvvetine ilişkin olarak yapılan birçok çalışma pratik yetersizliklerden dolayı izometrik kasılmalar yoluyla gerçekleştirilmektedir. Motor birimlerin kullanılması izometrik olmayan kasılmalara nispeten daha karmaşıktır. Kullanılan motor birimlerin sayısı izometrik olmayan kasılmalarda daha hızlı düşer. Titreşim eklenmesi izometrik kasılmalarda kasılma kuvvetinin artmasına neden olmazken dinamik kasılmalarda bir artış meydana gelir. Bir başka deyişle, motor birim kullanımının nörolojik düzenlemesinin geliştirilme potansiyeli izometrik olmayan kasılmalarda daha yüksektir (Behm ve Sale, 1993).

### **2.1.2.Güç Geri Beslemesinde Yeni Gelişmeler**

Spinal seviyede motor sistemin organizasyonu örneğinde, kas içiği negatif deplasman geri beslemesini etkilerken, GTO ise negatif güç geri beslemesini etkiler. Yani, yukarıda bahsedilen çömelme örneğinde kas içiği fazladan ağırlık dolayısıyla ortaya çıkan harekete karşı bir hareketi sağlar (Pratt 1995; Prochazka, 1997). Ancak, son yıllarda yapılan tüm araştırmaların sonuçları bahsettiğimiz bu örnek olaya uymaz. Elde edilen son bulgulara göre GTO'nun güç geri beslemesi her zaman negatif değildir; sadece deneğin kendi vücut ağırlığını kaldırdığı durumlarda pozitifdir. Bara fazladan ağırlık konduğunda yükleme artar. Kas gerilmesi de sonuç olarak hemen artar ve bu durum GTO tarafından tespit edilir. Pozitif güç geri besleme modeline göre, GTO a götüren sinirini uyarır, daha ağır yükün kaldırılması için gerekli olan kasılma kuvvetinin artmasına neden olur. Modele göre, kasılma kuvvetinde kontrol edilemeyen bir artış görülmez, çünkü kas içiği negatif deplasman (yer değişimi) geri beslemesi verir. Kas gerilimi arttıkça ve kas kasıldıkça Ia götüren sinirlerin impuls frekansları düşer. Güç geri beslemesinde, güçte kontrol edilemeyen bir artışı önleyen bir gecikmenin olduğu iddia edilmektedir. Bu modelin ampirik alt yapısının kediler üzerinde yapılan araştırmalardan elde edilen bulgularla sınırlı olduğunu söylemekte fayda vardır; ancak bu durum, geleneksel negatif güç ve deplasman geri beslemesi örneğinin sorgulanamaz olmadığını göstermez. Bu araştırmadan elde edilecek bulgular ile titreşim egzersizlerinin güç gelişimi üzerine etkilerine ait nörofizyolojik etki yollarının açıklanmasına katkı sağlanacaktır, güç/kuvvet veya sürat egzersizlerinden veya bu özellikleri gerektiren müsabakalarından önce kullanılabilirliği ortaya konulacaktır (Prochazka, 1997).

### 2.1.3.Güç Geliştirmede Ia Geri Beslemesinin Rolü

Pozitif Ia geri beslemesinin, izometrik kasılma boyunca gücün artmasına önemli etkilerinin olduğunu gösteren 5 adet bulgu vardır.

1. Götüren sinirlerin uyarılması lokal anestezi altında azalır ve düzensiz bir hal alır.
2. Maksimal istemli izometrik kasılma boyunca tonik titreşim refleksi oluşturarak kas ya da tendon titreşimi çalışma boyunca harcanan kuvvet miktarını artırır.
3. Motor sinirlerine yakın olan götüren sinirlerin uçlarının uyarılmaları normal duruma göre % 30 daha azdır.
4. Çalışmadan sonra kaldırma refleksi azalır. Bunun nedeni; götüren sinirlerin hareket kabiliyetinin Ia getiren sinirleri tarafından azaltılması olabilir.
5. Bir kasılma boyunca çalışan kas eklemi üzerine bir hareket uygulanırsa uzun bir kasılma boyunca motor birimlerin uyarılma frekanslarında meydana gelen azalmanın şiddeti daha az olur (Gandevia, 2001).

Bongiovanni'nin çalışmaları kuvvet geliştirmede Ia geri beslemesinin rolünü işler. Bongiovanni; lokal anestezi altında 60 saniye boyunca maksimal bir izometrik kasılma gösteren bir denek grubu kullanıyordu. Bu lokal anestezi y motor liflerini uyuşturmuştu. Kasılmanın başlangıcındaki kuvvet eksikliği ve düşük düzeydeki EMG normal kasılmaya nazaran çok daha fazlaydı. Motor birimler yeteri kadar yüksek başlangıç uyarı frekansı sağlayamıyorlardı. Ia geri besleme özellikle kuvvet geliştirmede önemli bir rol oynar. Anestezi uygulanan kasa verilen titreşim de kuvvet ve EMG de her hangi bir artışa neden olmamıştır. Daha sonra yapılan bir çalışmada, Bongiovanni Ia geri beslemesinin sadece izometrik kasılmalarda değil aynı zamanda diğer istemli kas hareketlerinde (özellikle kasılmalar patlayıcı ise) de önemli rol oynadıklarını iddia etti (Issurin., 1994).

Yürüme, zıplama ve koşma gibi faaliyetler boyunca Ia geri beslemesinin önemi, germe-kısaltma-döngüsü (SSC) modeli olarak bilinen modelde gizlidir. Bu model, yukarıda bahsedilen faaliyetlerde kasta bir gerilme aşamasının meydana geldiğini varsayar. Kasın ve tendonun elastik özelliklerinin bir sonucu olarak, bu gerilmenin hemen ardından eş merkezli bir kasılma gelir. Gerilme refleksinin önemini belirtmek için yorulma boyunca icra edilen kas faaliyeti kullanılır. Yorulma boyunca, etki ve eş merkezli kasılma arasındaki boşluk giderek artar. Kas iğlerinin gerilme

esnekliklerinde meydana gelen düşüş SSC yorgunluğunun en önemli nedeni olarak gösterilmektedir. Azalan bu gerilme refleksinin nedeninin azalmış fuzimotorik kontrol değil, intrafüzal liflerin yorulması olduğu ileri sürülmektedir (Komi, 2000).

Ross (2001) yürüme ve özellikle sprint atma gibi faaliyetlerde gerilme refleksinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Ross ve arkadaşlarına göre; maksimal sprint performansı kas değişimleri olmadan bile geliştirilebilir. Gerilme refleksi aslında tekrarlı kısa gerilmelerden oluşan bir programın kullanılmasıyla da düzene sokulabilir. Gerilme refleksi zıplama ve sprintte kuvvet geliştirmede önemli rol oynar. SSC modelinde de belirtildiği gibi, kasın genişleme safhasında kuvvet artmasına katkıda bulunur. Yerle temastan evvel kas aktif halde ise, gerilme refleksi kuvvet artışına katkıda bulunur. Ek olarak, antrenmanın gerilme refleksine katkıda bulunduğunu gösteren bulgular mevcuttur (Ross, 2001).

Yürüme, koşma ve zıplama gibi faaliyetlere gerilme refleksinin eklenmesi titreşim çalışmalarını sağlayacağı faydaların önemli bir göstergesi olabilir. Gerilme refleksi teori ve uygulamada değişik kasılmaları hızlandıran önemli bir etkidir ve titreşim çalışmalarının bu refleksi geliştireceği de aşikardır (Gollhofer, 1997).

Gerilme refleksi belli bir uyarıcı sonrasında etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir. Gollhoffer, sadece iki saniyelik bir izometrik kasılmadan sonra gerilme refleksinde önemli artışlar olduğunu tespit etmiştir. Gerilme refleksinin aktivitesinde çok kısa bir düşüşten sonra (0,2 saniye) gerilme aktivitesi 20 saniye boyunca artış gösterir. Artış, bir saniye sonra en kuvvetli halini alır. Hoffman ya da h-refleksi de Gollhofman'ın yaptığı bu çalışma içerisinde incelenmiştir. Bu refleks önemlidir, zira bu diyagnostik yöntem titreşim çalışmasının etkilerini inceleyen araştırmalarda da kullanılmıştır. Gerilme refleksinden farklı olarak; h-refleksi dış uyarıcıya karşı bir tepki mahiyetindedir. Bu uyarıcı bir taraftan motor birimlerin yakınındaki sinir uçlarını uyarırken diğer taraftan da Ia götüren sinirleri uyarır. Sonuç olarak, h refleksin EMG si iki noktada zirve yapar. Birinci zirve motor birimlerin doğrudan uyarılmasıyla, ikincisi ise götüren sinirlerin uyarılmış Ia tarafından monosinaptik olarak kasılmasıyla meydana gelir. Bu refleks kas içiğini atlar ve bu nedenle için duyarlılığındaki değişimleri tespit edemez. Ancak, h refleksin Ia-a götüren sinir sinapslarının etkinliğini ölçebilir. H refleksin bu nedenle Ia getiren sinirlerinden gelen impuls transferlerine bağlı olsa da, refleks kasılmayı tespit edebilir ve bunun bir ölçüsü olarak kullanılabilir. Bir izometrik kasılma sonrasında gerilme refleksi ve h

refleksi farklı yollar izler. Gerilme refleksi 2 saniyelik bir izometrik kasılmadan sonra bir süreliğine artarken, h refleksinde böyle bir artış gözlenmez (Gollhofer, 1997). Gerilme refleksinin artmasının nedeni kas iğlerinin kasılmalarının azalması olabilir. Ia getiren sinirlerin kasılma sonrasında etkinliklerinin artması olasıdır (Ross, 2001).

Ancak, diğer çalışmalarda izometrik bir kasılma sonrası h refleksinde bir artış gözlenmiştir. Bu çalışmalarda kasılmalar maksimal düzeydedir. Bir maksimal izometrik kasılma h refleksinde bir düşüş yaratır ve ardından 4 dakika sonra bir artış olur. H refleksindeki artışın en çok olduğu durum II. tür liflerde meydana gelir. (Hamada, 2000). Yukarıda da belirtildiği gibi, h refleksi gerilme refleksinin etkinliğini değil, motor nöronların engellenmesini ölçebilir (Güllich ve Schmidtbleicher, 1996). H refleksinde meydana gelen artışın nedeni motor nöronların ya da diğer getiren sinirlerin engellenmemesi olabilir. Bu durum; %240 lık bir kondisyon çalışması sonrasında h refleksinde bir artış gözlemleyen Wolf'un varsayımlarıyla çelişmektedir (Wolf, 1995).

Özetle, yukarıda bahsedilen çelişkilere rağmen gerilme refleksinin çok kısa bir zamanda etkinlik kazanacağı bir gerçektir. Bunun nedeni ise muğlâktır. Eğer Ia Motor nöron sinapsı bunun nedeni olarak kabul edilirse, h refleksi artmış gerilme refleksinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Gerilme refleksinin ve h refleksinin artırılması değişik yollardan yapılabilir. Kasılma ve gelişme arasındaki zaman 2 ila 4 sn arası değişir. Titreşim çalışmalarının etkilerinin yorumlanmasında gerilme refleksi ve h refleksinin rolü önemlidir. Bosco'nun elde ettiği bulgular bu yolla açıklanabilir, Bosco'ya göre sadece tek bir titreşim seansından sonra bile güçte bir artış olabilir. Bu etki doğal olarak motor öğrenme etkisinden ayrı tutulmalıdır: motor öğrenme kalıcı bir motor programın ortaya çıkmasını sağlarken, bu etki geçici sonuçlar doğurur. Bu iki etkinin hangi ölçüde aynı mekanizma ile çalıştıkları belirsizdir (Bosco, 1999).

## 2.2.TİTREŞİM ÇALIŞMALARININ ETKİLERİ

### 2.2.1.Titreşimin Kuvvet, Hız ve Güç Üzerindeki Etkileri

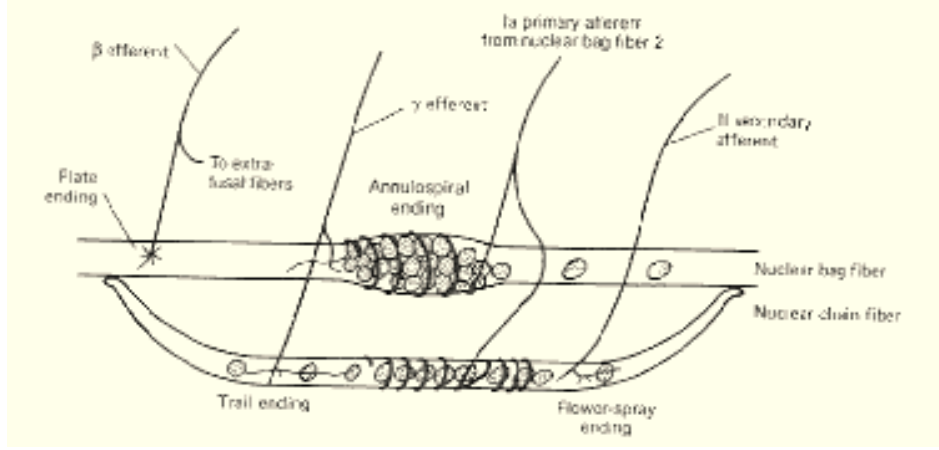
Bu paragrafta titreşim çalışmalarının güç, kuvvet ve hız üzerindeki etkilerini araştıran değişik çalışmaları inceleyeceğiz. Bu çalışmaları iki başlık altında toplayabiliriz. İlk kategoride, titreşim seansının hemen sonrasında ortaya çıkan etkileri; ikinci kategoride ise seanstan birkaç ya da daha fazla hafta sonra ortaya çıkan etkileri sıralayabiliriz, Bu tür titreşim çalışmaları, Ia getiren sinirlerinden gelen pozitif geri besleme gibi bir sistemin kısa vadeli gelişi ile alakalıdır. Eğer titreşim uzun sürerse bu etki yorgunluğa dönüşür. Pozitif Ia geri beslemesinin çabuk bir biçimde tükendiği yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur. Titreşimin ivmesi ve devam etme süresi bu olayda çok önemlidir ( Bongiovanni ve Hagbarth, 1990).

Titreşim çalışmalarının kuvvet ya da hız üzerindeki yapısal etkilerini inceleyen çalışmalar geçici gelişmelerle değil, yeni ve daha etkili motor yapıların ortaya çıkması üzerine yoğunlaşır. Bu çalışmaların neredeyse tamamına yakını titreşim çalışmaları esnasında maksimal ya da maksimal altı kasılmalar kullanmışlardır. Maksimal kasılmalarda, titreşim uyarıcısı normalde kullanılmayan motor birimlerin kullanılmasına neden olur. Buradan çıkan sonuç, motor öğrenme etkisinin artan nöromüsküler etkinlikte geliştiğidir (Bosco, 2000).

## 2.3.TİTREŞİMİN NÖROFİZYOLOJİSİ

### 2.3.1.Kas İğciği (Ekseni)

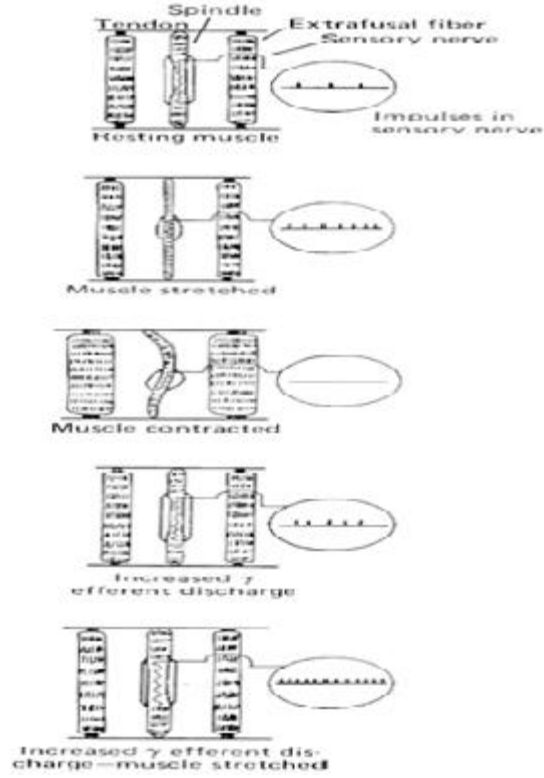
Kas iğciği kas içerisinde yer alır. Merkezi sinir sistemine içinde bulunduğu kasın anlık uzunluğu ve uzunluktaki değişim hızı ile ilgili bilgi verir. Şekil 1 de kas iğciğinin organizasyon şeması görülmektedir. Kas iğciği bir çekirdek kesesi lifi ve bir çekirdek zinciri lifinden oluşur. II ikincil getiren (afferent) sinirler çekirdek zincir lifinden, Ia birincil getiren sinirler çekirdek kesesi lifinden ve çekirdek zincir lifinden gelirler. Konuyu daha iyi anlamak için kas iğciği şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kas içciğinin Organizasyon Şeması(diagram of the muscle spindle) (Ganong, 1995).

Kas içciğinin götüren (efferent) sinirleri ‘ $\gamma$  d’ ve ‘ $\gamma$  s’ götürenlerine ayrılabilen ‘ $\gamma$ ’ götürenleridir. Getiren sinirler kas içciğinin ekvator kısmındaki gerilmeyi tespit ederler. ‘ $\gamma$ ’ lifleri intrafüzal sinirleri sinir sistemine bağlarlar. Bu lifler kasıldıklarında ekvatoryal kısım gerilir ve Ia getiren sinirleri impuls yaratmaya başlarlar. Dinlenme halindeki bir kasta, kas içciği Ia getiren sinirleri vasıtasıyla devamlı olarak sinyal yayarlar. Buna ek olarak, kas içciği küçük bir gerilmeyi dahi algılayabilir, ‘ $\gamma$ ’ götüren sinirlerinin temel aktiviteleri olmaksızın bu algılama mümkün değildir. Kas içciğinin kasları germek için verdiği tepki şekil 2’de gösterilmiştir. En dıştaki kas lifleri ektrafüzal lifler olarak adlandırılırlar ve kas içciği çevresinde bulunurlar. Şekil 2’de en üstte gösterilen resimde kasın dinlenme halindeki durumu görülmektedir. Ektrafüzal lifler gevşemiş haldedirler ve her hangi bir kasılma yoktur. Bununla birlikte, getiren sinirler sinyal yaymaya devam ederler. İkinci resimde, ektrafüzal lifler gerilmiş durumdadır ve kas içciği de gerilidir , sinyal yayılma frekansı artar. Ektrafüzal liflerin kasılmasında, kas içciği kısılır ve yayılma frekansı azalır. Getiren sinirlerin sinyal yayma frekansları da aynı zamanda ektrafüzal liflerin boyunda herhangi bir değişim meydana gelmeksizin artabilir. İntrafüzal lifler ise ‘ $\gamma$ ’ aktivasyonu vasıtasıyla kısılırlar. (4.resim). En alttaki resimde kas içciğinin gerilmeye karşı verdiği tepki görülmektedir, yayılma frekansı aynı gerilmeye çok daha yüksektir. Yine kas içciğinin daha iyi analiz edilmesi için şekil 2’de verilmiştir.



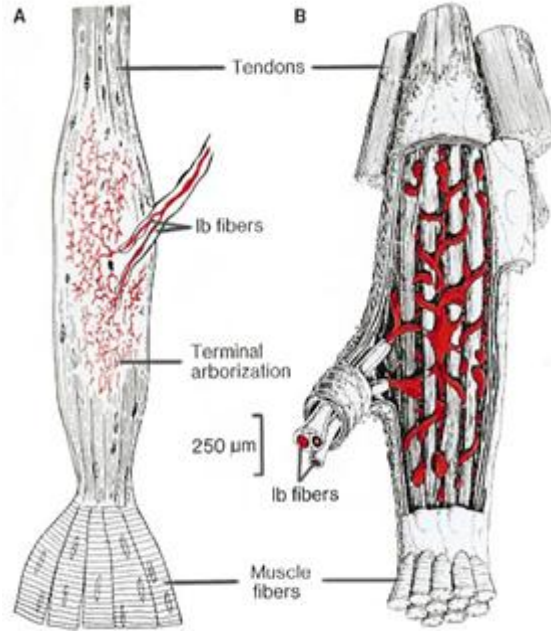


Şekil 2. Farklı durumlarda kas içiği tepkileri (Response of the muscle spindle in different circumstances) (Ganong, 1995)

Ancak, kasın boyundaki değişim kas içiğinin de dinamik bir tepki vermesine neden olur. Resim 3’de bu durum gösterilmiştir. Çekirdek kesesi lifinin siniri kasın boyundaki değişimlere çok kuvvetli tepki verirken, çekirdek zincir lifinin siniri sadece kasın o andaki uzunluğuna tepki verir. Ek olarak, yukarıda da bahsettiğimiz gibi, çekirdek kesesi ve zinciri lifleri farklı  $\gamma$  götüren sinirleri tarafından sinir sistemine bağlanırlar. Çekirdek zinciri lifi  $\gamma$ -s götüreni ve çekirdek kesesi lifi ise  $\gamma$ -d götüren siniri tarafından sisteme bağlanırlar. Ia getiren sinirleri  $\gamma$ -d götüren sinirlerinin sinir sistemine bağlanmalarına karşı aşırı derecede duyarlıdırlar. Dinamik tepki çekirdek kesesi liflerinin intrafüzal kısımlarının kasılması durumunda dinamik tepki önemli oranda artış gösterir. Resim 4’de kas içiğine ait Ia ve II götüren sinirlerinin bir örnek tepkisi görülmektedir. (Ganong, 1995).

### 2.3.1.1.Golgi tendon organı

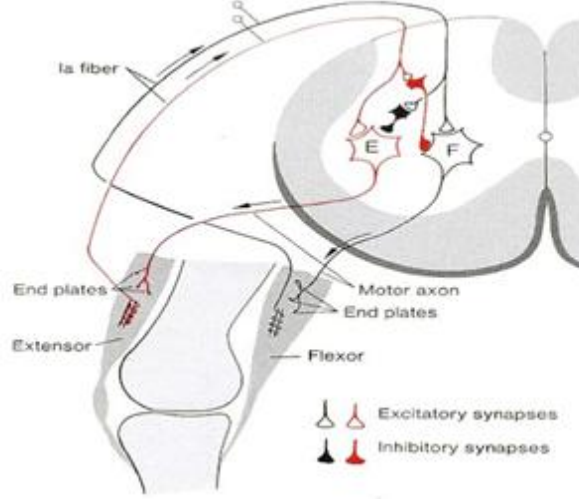
Golgi tendon organları (GTO) kas liflerinden tendon elementlerine geçilen yerde bulunurlar. Paralel olarak bir birine bağlı olan kas iğciğinden farklı olarak, GTO kas ve tendonlarla yan yana bağlıdırlar. Sonuç olarak, GTO hem pasif hem de aktif kasılmalara karşı tepki verir. Kasın boyunu tespit eden kas iğciğinin aksine; tendon organları gerilmeyi tespit ederler. Merkezi sinir sistemi, kaslardaki gerilmelerle alakalı geri beslemeyi GTO dan Ib götüren sinirleri vasıtasıyla alır. Geleneksel olarak, bu geri beslemenin negatif olduğu varsayılır; yani GTO a getiren sinirlerinin kas gerilmesindeki artışa tepki vermesini engeller. Bu şekilde, GTO kası aşırı gerilmeden korur. Bu geri beslemenin bazı durumlarda pozitif olabileceği de son zamanlarda yapılan araştırmalarda iddia edilmektedir. GTO ektrafüzal kas liflerindeki gerilmeyi tespit eder ve bir ara nöron vasıtasıyla a götüren sinirlerine impuls verir. Bu impulsların engelleyici oldukları varsayılmaktadır; ancak yukarıda da belirttiğimiz gibi bu bağlantının her zaman engelleyici olmadığına dair deliller vardır. Kas iğciği kas boyunu ve kas boyundaki değişimi tespit eder (Schmidt ve Tews, 1983).Bu durumu yakından tanımak için golgi tendon organı şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 3. Anatomik pozisyonda Golgi tendon organı diyagramı(Diagram of the anatomical position of the Golgi tendon Organ)

### 2.3.1.2.Miyotatik refleks

Kas iğleri miyotatik refleksin temelini oluştururlar. Özetle, bu refleks bir kasın uzunluğunu sabit tutmayı sağlar. Bir sporcu çömelme vaziyetinde ise (dizler 90 derece kırık ve omuz hizasında bir bar var) quadriseps kasları bir refleks olarak bu duruşu sağlamak için kasılırlar. Eğer bara ağırlık eklenirse bu kasların kasılmalarında bir artış meydana gelir. Kas iğciği bu süreçte önemli rol oynar. Quadriseps kasları artan ağırlıktan dolayı gerilirler. Kas iğleri bunu tespit eder ve Ia getiren sinirleri vasıtasıyla spinal korda sinyal yollarlar. Spinal kortta, a götüren sinirlerinin monosinaptik uyarılmaları konak kasta meydana gelir.Kas kasılır ve sonuç olarak istenen duruş sağlanır. Bu refleks kalın la lifleri dolayısıyla çok hızlıdır. Ek olarak, bu getiren sinirler monosinaptik sinerjilere bağlanırlar ve ara nöron vasıtasıyla antagonist kasların kasılmalarını engellerler. Kas iğlerinin spinal korttaki götüren sinirlerle bağlantıları şekil 4’de gösterilmiştir. Uzatici kasın kas iğciği gerilmeyi tespit eder ve Ia götüren sinirlerin impuls frekansını artırır. ancak, aynı anda, antagonist kasların alfa götüren sinirleri bir ara nöron tarafından engellenirler. Bu alanın daha iyi kavranması için fizyolojik durum şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Omurilik düzeyinde kas iğciği afferent ve efferent liflerin bağlantılarının şematik bir gösterimi. E: ekstansörleri motor nöronlar; F: fleksör motor nöronlar(Diagrammatic representation of the connections of the efferent and afferent fibers of the muscle spindle at spinal cord level. E: the motoneurons of the extensors; F: the motoneurons of the flexors (from: Human Physiology)

Bu durumun tersi esnetici kaslar için geçerlidir: kas iğciği ekvatoryal kısmın kısaldığını tespit eder ve Ia getiren sinirlerinin impuls frekansında azalma görülür.

Konak kas hücresinin 'α' getiren sinirleri daha zayıf biçimde harekete geçerler (Ganong, 1995).

Yukarıda da tarif edildiği gibi, kas iğlerinde ikili bir tepki meydana gelir. Evvela, kas uzunluğuyla orantılı olarak artan bir statik tepki vardır. Ek olarak, kasın boyundaki ani değişimlere bağlı olarak kas iğciği dinamik bir tepki verir. Bu, yüksek frekanslı bir tepkidir ve kas iğciği harekete geçirebilecek motor birimleri etkiler (Ganong, 1995).

Kasın boyundaki değişimler yavaşsa, statik tepki alt sınırdaki yavaş kas liflerini uyarır; hızlı kas liflerinin uyarılma sıklıkları artmaz. Kasın uzunluk değişimleri hızlıysa, hem yavaş hem de hızlı kas lifleri dinamik tepki tarafından uyarılabilirler (Ganong, 1995).

Miyotaz refleksi gelişigüzel yapılan hareketler boyunca aktif durumda değildir. Her şeyden önce, gelişigüzel hareketler aksi takdirde mümkün olmazdı. Bu durumun altında yatan mekanizma 'α-γ' ortak aktivasyonu olarak adlandırılır. 'α' götüren sinirleri vasıtasıyla sağlanan izotonik bir kasılmada 'γ' götüren sinirleri aynı anda aktif hale geçirilirler. İntrafüzal liflerin boyu, kas iğciği ekvatoryal kısımları eşit uzunluğa gelinceye kadar değişir. Kas iğcinin tepkisi bu nedenle değişmez. Bu ortak aktivasyonun güç geliştirmede önemli rol oynadığı bilinmelidir. Bu aktivasyon aynı zamanda izometrik kasılmada da geçerlidir ancak bu olayda kasılma izometrik olduğu için kasın boyu kısalmaz. Kas iğciği kısalmaz ve iğcin intrafüzal lifleri kasılmaz. Ekvatoryal kısım gerilir ve konak kas hücresindeki α götüren sinirlerine sinyal yollar. Bu durum refleksif kuvvette artışa neden olur ve yükleme telafisi refleksi olarak adlandırılır. Bu pozitif bir geri beslemedir: izometrik kasılma kas iğcinin α götüren sinirlerini uyarmasına neden olur ve izometrik kasılmayı artırır. Sonuç olarak güçte hızlı bir artış yaşanır. Bu geri beslemenin kasılma kuvvetinde kontrol edilemeyen bir artış yaratmamasının nedeni, yükleme telafisinin negatif bir geri besleme sistemi içerisinde olmasıdır. Kas liflerinden gelen pozitif geri besleme sadece tam izometrik kasılmalarda değil aynı zamanda kasılmanın bir kısmının izometrik olduğu kasılmalarda da rol oynar (örneğin ağırlık kaldırmak). Daha sonra refleksi aktivitesi ağırlıkta bir artış meydana gelene kadar artar (Ganong, 1995).

### **2.3.1.3.Tendon refleksi**

GTO nun en önemli görevinin kas aktivitesini kısıtlamak olduğu varsayılır. GTO kasılma esnasında tendondaki kasılmayı tespit eder ve konak kas hücrelerinin a götüren sinirini engeller. GTO aynı zamanda antagonist kasları da harekete geçirir. Bu bağlantılar multi-sinaptiktirler, öyle ki miyotaz refleksi daha hızlı meydana gelir. Bu nedenle tendon refleksi bir sonraki kasılmayı engelleyecek kadar hızlı değildir. Ancak, daha önce de belirttiğimiz gibi, GTO'nun her zaman bir engelleme görevi olmadığına dair bulgular vardır (Prat, 1995).

## **2.4.TİREŞİMLE ANTRENMAN**

### **2.4.1.Titreşim Antrenmanı ve Ekipmanı**

Titreşim antrenmanı palanga sistemleri kullanılarak yapılan üst vücut antrenmanlarında, titreşim platformlarının olduğu alt vücut antrenmanlarında icra edilmiştir. Üst kol ve bacaklarda titreşimin etkisinin incelendiği çalışmalarda palanga sistemleri kullanılmıştır. Bu alanda yapılan araştırmalar pek yaygın değildir, bunun nedeni üst kol ve bacakları çalıştıran titreşim aletlerinin henüz geliştirilmemiş olması olabilir. Piyasada yaygın olarak bulunan titreşim platformları frekansın ve büyüklüğün ayarlanması için bir kontrol mekanizmasına sahiptirler. Titreşim antrenmanı süresince frekans ve büyüklük düşük seviyede olmalıdır. Bilimsel olarak bu değerlerin frekans için 25-45 Hz arası ve büyüklük içinse 2-10 mm arası olması gerekir (Jordan ve Ark, 2005).

### **2.4.2.Toplumda Titreşim Antrenmanının Faydaları**

İnsan bedeninin titreşimle etkileşimi karmaşıktır ve ciddi yaralanma ihtimaline karşın bazı titreşim türlerinin sağladığı iyileştirici etkiler de vardır. Solunum sistemi sorunları olan hastaların akciğerlerinin temizlenmesinde, atletlerin kas fonksiyonlarının geliştirilmesinde, romatoid artirit hastalarında ve spastik özürlü hastalarda kas işlevlerini geliştirmede titreşim kullanılabilir. Titreşimin toplumun genel sağlığı üzerinde yarattığı olumlu etkiye en iyi örnek, yüksek

miktarda titreşime maruz kalınması sonrasında kemik hacminin artmasıdır, bu etki osteoporozu önlemede kullanılabilir (Bishop, 1974).

## 2.5.TİTREŞİMİN YAPISAL ETKİLERİ

Akut etkiden farklı olarak, kasların çok iyi çalışması titreşim çalışmasıyla tam anlamıyla sağlanabilir. Bu duruma titreşim çalışmaları süresince maksimal kasılmalar kullanılarak ulaşılabilir. Büyüklük ve frekans da önemlidir, çünkü bu faktörler eksantrik yüklemeyi belirler. Titreşim çalışmaları, kasların yorgunluğu ve hasar görmesini engellemek için ilk iki hafta boyunca haftada en fazla iki kere gerçekleştirilmelidir. Eğer titreşim çalışmasına yükleme yapılmazsa kaslar zarar görebilir. Kas yorgunluğu temel olarak izometrik kasılma gücünü etkiler ve bununla birlikte dinamik kasılmalar üzerinde daha az etkisi vardır. Bosco kendi çalışma grubundaki deneklere 10 gün boyunca aralıksız her gün antrenman yaptırmıştır, % 12'ye varan gelişmeler sağlanmıştır (Bosco ve Ark, 1999).

En önemli yapısal etkiler nörolojik etkilerdir. Her şeyden önce, Tenebaum ve Issurin gibi araştırmacılar titreşim çalışmasıyla ağırlık antrenmanlarını birleştirerek kuvvette artışlar sağlamışlardır. Her iki araştırmacıda aynı mekanizmayı farklı kelimelerle anlatmışlardır (Issurin ve Tenenbaum, 1999).

Titreşim çalışmalarının etkisinin Ia götüren sinirleri seviyesinde yoğunlaştığı da ileri sürülebilir. Bu götüren sinirler titreşim çalışmaları boyunca nörolojik faaliyetleri artırır. Kas içiğinin mekanik alıcılarının çok sayıdaki impulsları nöronlara aktarabildikleri vakiyedir. Mekanik impulsların elektrik sinyallerine dönüşme etkinliği bazı şartlar altında artış göstermektedir. Bu geri beslemenin titreşim çalışmasının bir sonucu olarak daha etkili olabileceği varsayımından hareketle, kasılmalar bu etkiden daha pozitif bir biçimde faydalanabilirler. "Ia eri beslemesi hem güç oluşumunda hem de izometrik kasılmalarda önemli rol oynar (Spitzenpfeil, 1999).

Maksimal ağırlık çalışmaları ile birleştirilen titreşim çalışmasının katma değeri, klasik ağırlık çalışmalarıyla kıyaslandığında motor nöronların kasılma gücünde meydana gelen artışlar şeklinde olur. Bu titreşim çalışmasıyla, titreşimsiz ağırlık çalışmalarının aynı etkiyi yaratmasına yol açar. Aynı mekanizma titreşim çalışması sonrasında kasların artan gelişme seviyeleri için de söz konusudur. Bu titreşim

çalışması türü daha hızlı kas liflerine sahip olan sporcularda daha fazla gelişme olanağı sunar. Titreşim çalışması ya motor nöronlar seviyesinde bir gelişme sağlar ya da yükleme telafisinde Ia getiren sinirlerin etkinliklerini artırır. İlk durumda, titreşim maksimal kasılmalarda gücü, hızı ve kuvveti artırır. İkinci durumda ise, gelişme sadece kasılmalarla sınırlıdır (Issurin ve Tenenbaum, 1999).

Titreşim çalışmasının yapısal etkileri Bosco tarafından 1998'de incelenmiştir. Bu araştırmada, deney grubu (n=7) 10 gün boyunca toplam 10 titreşim seansına tabi tutulmuşlardır. Her seansta 90 saniyelik titreşim 5 kez tekrar edilmiştir. Titreşim frekansı 26 Hz, büyüklüğü 10mm ve ivmesi ise 54m/s<sup>2</sup>'dir. Kontrol grubu titreşime tabi tutulmamıştır. 10 gün sonra, titreşim grubu 5 saniyelik devamlı zıplama testine tabi tutulmuştur. Bu harekette her hangi bir etki gözlenememiştir. Araştırmacılara göre bunun nedeni diz ve kalçanın açılma ivmesinin bu harekette çok daha az olmasıdır. Düşük hızda, Ia götüren sinirlerin geri beslemesinin kuvvet gelişiminde önemli rol oynamadığı iddia edilmektedir. Bu nedenle, araştırmacılar titreşim çalışmalarının motor bir öğrenme etkisi yarattığını ileri sürmektedirler. Bosco'nun deneklerine dinlenme periyodu olmadan her gün titreşim uyguladığını söylemekte fayda vardır. Bu durumda, titreşim çalışmalarının kaslara büyük zararlar verdiğini belirten Mester'in bulguları göz ardı edilmiştir. Ancak, Mester maksimal ağırlık antrenmanlarında titreşim kullanmıştı, bu birlikte kullanımın, Bosco'nun titreşimi kullanım şeklinden daha fazla zararlar verdiği kesindir (Komi ve Mero, 2000).

Bosco'nun yukarıda bahsettiğimiz çalışması, statik ve yüklemesiz titreşim çalışmalarının yapısal etkilerini inceleyen tek bilimsel araştırmadır. Diğer çalışmalarda titreşim ile maksimal ağırlık çalışmaları birlikte kullanılmıştır (Issurin ve Ark, 1994).

Titreşimi ağırlık çalışmalarıyla birleştiren ilk çalışmanın tarihi 1994'e kadar uzanır. Titreşimli ağırlık çalışmalarından sonra (3 hafta boyunca, haftada 3 kez 44Hz, 3mm 30m/sn<sup>2</sup>) araştırmacılar % 46'lık bir gelişme tespit etmişlerdir, aynı ağırlık çalışması titreşimsiz yapıldığında artış sadece % 16'dır. Ağırlık çalışması 6 serilik bench presten oluşmaktaydı. Her seride, setler arasında dinlenme verilmemiştir. Titreşimli ağırlık çalışması özel bir araç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yolla ağırlık çalışmalarında titreşim kullanılabilmiştir. Denekler ağırlık çalışmalarını bir titreşim kolu kullanarak gerçekleştirmişlerdir (Issurin ve Ark, 1994).

Daha sonra yapılan bir araştırmada ise, Issurin ve Tennenbaum bu etkiye neden olan mekanizmayı aıĝa çıkarmak için çaba sarf ettiler. Bu çalışmada, titreşimsiz çalışmaya oranla, titreşim boyunca gücün yaklaşık olarak % 10,2 arttığını tespit ettiler. Kullanılan titreşim frekansında getiren sinir kasılmalarının motor nöronlarla senkronize edildiği ve bu yolla titreşim boyunca daha fazla gücün dağıtıldığı ileri sürülmüştür. Bu araştırmada bench presteki kuvvet değil g ölçülmüştür. Burada, "Ia" getiren sinirlerden gelen geri beslemenin hızlı kuvvet gelişiminde önemli rol oynadığı teori ile bir uyum söz konusudur. Bu nedenle kuvvetten ziyade gücün ölçülmesi daha uygundur (Bongiovanni ve Ark, 1990).

Bu araştırmanın sonuçları diğer araştırmalar tarafından teyit edilememiştir. Her ne kadar Bongiovanni ve Hagbarth tonik titreşim refleksinin EMG ve izometrik kasılma ile arttığını iddia etseler de, kasılma maksimal olduğu sürece bu etki görülmez. Yorgunluk varsa, titreşim maksimal kasılma üzerinde etkili olur. Bu araştırma grubu daha sonra yaptıkları bir çalışmada titreşimin kasılma etkisinin geriye doğru esneyen kasların uzun süreli titreşime maruz kalmalarıyla ortadan kalktığını keşfettiler. TVR ve bütün bedene uygulanan titreşim arasında doğal olarak büyük bir farklılık vardır. Titreşim tendona 150 Hz'lik bir frekans ile uygulanır. Issurin ve Tennenbaum'a göre, kullandıkları bu titreşim Ia getiren sinirleri vasıtasıyla çok daha geniş alana yayılan kasılmalar yaratır ve bu Şekilde bu sinirlerde yorulma daha geç meydana gelir. Samuelson (1989), titreşimin uzun dönemde engelleyici bir etkisinin olabileceğini iddia etmiştir. Yine Samuelson (1989), İzometrik bacak presindeki maksimal kuvvetin titreşimli ve titreşimsiz çalışmada değişmediğini ancak bu maksimal kasılmanın oluşması için gerekli zamanın azalacağını belirlemiştir. Bu alışmada 20 Hz'lik bir titreşim frekansının kullanıldığını belirtmekte yarar vardır. Mester'e (1997) göre bu frekansta beden refleksif kasılmalar göstermek yerine frekansı düşürmeye odaklanır. Scumberger ve arkadaşlarının (2001) yakın zamanda yaptıkları bir araştırmanın sonuçları Issurin'in çalışma sonuçlarıyla uyumsuzluk göstermektedir. Scumberger klasik ağırlık çalışmaları ve titreşimli ağırlık çalışmalarının sonuçları arasında bir farklılık bulamamıştır (Behm ve Sale, 1993).

Bu çalışmadaki antrenman programı 6 hafta srmşt ve her hafta 3 seans bulunmaktaydı. Denekler her bir bacak için 8 ila 12 adet arasında emleme hareketini 4 set halinde yaptılar; aynı egzersizle diğer bacak için de tekrarlandı. Bu hareketler daha sonra titreşimli olarak yapıldı. Uygulanan titreşimin frekansı 25 Hz,



büyüklüğü ise 6 mm idi. Araştırmacılar maksimal güç ölçüsü olarak izometrik kasılmadaki en büyük gücü aldılar. 6 hafta süren kombine çalışmalardan sonra, maksimal kuvvette % 6,5'lik gelişme sağlanırken; 6 hafta süren klasik çalışma sonrasında, 2'lik artış sağlandı. İki programın gelişme oranları arasındaki fark anlamlı değildir. İki antrenman programı arasındaki hem etki hem de etkiler arasındaki fark anlamlı değildir; ancak kombine programda elde edilen sonuçlar biraz daha iyiydi. Bu çalışmanın sonuçları önemlidir, çünkü Issurin ve Sculumberger in elde ettikleri sonuçlarla tamamen zıttırlar. Örneğin, antrenman dinamik kasılmalar oluşmasına rağmen Sculumberger maksimal kuvveti maksimal izometrik kasılmalar vasıtasıyla ölçüyordu. Sculumberger e göre izometrik kasılmalar bir test yöntemi olarak kullanılmalıdır, çünkü testin varyansı düşük çıkmaktadır. Sculumberger ve arkadaşlarına göre dinamik kasılmalar kullanıldığında test varyansı oldukça yüksektir. İzometrik kasılma ölçümlerinin iki antrenman programının birbirinden ayırmada kullanılabileceğini de iddia etmişlerdir. Ancak diğer araştırmalar bu görüşe katılmamaktadır (Behm ve Sale, 1993).

Sculumberger'in de çalışmasında yaptığı gibi, izometrik bir kasılma boyunca kuvvet gelişim oranını ölçmek daha iyidir. Titreşim uygulanan ve uygulanmayan deney grupları arasında bir farklılığın olduğu ancak bu farklılığın anlamlı olmadığı doğrudur. Zıplama hareketinde olduğu gibi dinamik bir kasılma muhtemelen daha anlamlı bir sonuç ortaya koyabilirdi. Deneklerin izometrik bir kasılmada maksimal hızla beraber kuvvet geliştiremeyecekleri ihtimali göz ardı edilemez. Nihayetinde, buradaki asıl amaç izometrik bir kasılma yaratmaktır ve tetiklenen motor programda bu düşüncenin büyük bir önemi vardır. Daha sağlam bir etki yaratmanın yolu dinamik bacak presindeki gücü ya da zıplama yüksekliğini ölçmek olabilir. Sculumberger, bu etki eksikliğinin muhtemel bir sebebinin çalışmalarında 10-12 tekrar sayısı kullanmaları olabileceğini iddia etmektedir. Bongiovani'nin elde ettiği bulgulardan hareketle, titreşimin kolaylaştırıcı etkisinin sadece az tekrar yapılan çalışmalarda ortaya çıktığını göz ardı etmemek gerekir. Tekrar sayısı arttıkça titreşim engelleyici bir etkiye sahip olur. Bir başka deyişle, tekrar sayısı az olan çalışmalara titreşim uygulama daha iyi sonuçlar verebilir. Sculumberger ve meslektaşları, çalışmalarını bacak kaslarından daha fazla sayıda hızlı kas lifi barındıran kol kaslarıyla yapmaları nedeniyle Issurin'in titreşim çalışmalarının etkilerini tespit ettiğini düşünmektedirler. Ancak, Sculumberger'in karşı argümanı ise kendisinin

henüz yayınlanmamış bir çalışmanın sonuçlarını elde edemeyeceği şeklindeydi. (Gollhofer ve Ark, 1998).

Öte yandan, bu araştırmacılar vücudun iç algısının uyarılmasının titreşim çalışmalarının etkilerini artırıcı yönde katkı yapabileceğini iddia etmektedirler. İç algı eğitiminin yapılması da patlama kuvvetinde artışlara neden olabilir (Gollhofer, 1999). Titreşimin kullanıldığı ağırlık antrenmanlarında dengede durmak zordur, bu nedenle bu uygulamalarda iç algı da uyarılmaktadır. Bu uygulama, Mester'in titreşim-ağırlık çalışması kombinasyonunun etkilerini açıklayan mekanizma (daha fazla motor kontrol ihtiyacı) olarak tanımladığı olguyla da uyumludur (Schlumberger, 2001).

Schlumberger tarafından bulunan sonuçlar son zamanlarda yapılan bir araştırmada delillerle çürütülmüştür. Bu çalışmada, 57 adet denek 3 gruba ayrılmış ve 7 hafta boyunca çalışmaya tabi tutulmuştur. İlk grup 8-12 tekrarlı klasik ağırlık çalışması yaparken, ikinci grup titreşim çalışmasına tabi tutulmuş ve son grup ise hiç çalıştırılmamıştır. Çalışmaya harcanan toplam zaman titreşim çalışmasına harcanan zamana eşittir. Birinci ve ikinci gruptaki test denekleri üç adet egzersiz yapmışlardır. Deneklerin titreşim çalışması boyunca kasılma yapmaları çok önemlidir, ancak Schlumberger'in çalışmasından farklı olarak bu kasılmalar maksimal değildirler. Her iki grup da haftada iki kez olmak üzere 7 hafta boyunca çalışmaya tabi tutulmuşlardır (Rittweger ve Ark, 2000).

Çalışma dönemi sonrası 1 ve 2. grupların gelişme düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Araştırmacıların gelişme düzeyini izometrik kasılmalarla mı yoksa dinamik kasılmalarla mı ölçtükleri ise hala muammadır. Yine, iki grubun yaptığı farklı egzersizlerin etkileri hususunda da muğlaklıklar vardır: 1. grup bir makinede çalışma yaparken 2. grup ise zemin üzerinde egzersizlerini gerçekleştirmiştir. Zeminde yapılan hareketlerde daha fazla serbesti söz konusudur. Bu tür hareketler önemli derecede çalışma etkisi yaratmıştır (Rittweger ve Ark, 2000).

Schlumberger'in yaptığı araştırmadaki en büyük farklılık, yapılan titreşim çalışmasının maksimal ağırlık antrenmanları ile birleştirilerek değil, alt-maksimal kasılmalarla yapılmasıdır. Bu çalışmada da kombine maksimal ağırlık çalışması ve titreşim çalışması arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Beyrut

Üniversitesi'nin yaptığı araştırmada da bu iki çalışma türü arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Ancak bu araştırmada kombine ağırlık çalışması maksimal değildir. Bu iki çalışma türünün kombine edilmesinin, alt maksimal ağırlık çalışması ve titreşim çalışmasının birleştirilmiş haline oranla daha fazla avantajı yoktur. Bu durum, Issurin'in varsayımlarına tamamen zıttır (Rittweger ve Ark, 2000).

Mester bir makalesinde Spitzpfeil tarafından yapılan bir boylamsal çalışmaya yer vermiştir. Bu çalışmada, bir kayakıya 16 gün boyunca ağırlık çalışması yaptırılmış ve 3 günde bir titreşime tabi tutulmuştur. Titreşim uygulanmayan günlerde zıplama, düşme ve tek ayakla zıplama gibi klasik ağırlık çalışmaları yapılmıştır. Atlet titreşim olmayan periyotta da bu egzersizleri yapmıştır. İlk titreşim antrenmanı sonrasında kandaki kreatin kinez yoğunluğu artmıştır; bu da antrenman yüklemesinin daha fazla kas hasarına neden olduğunu göstermektedir. Bu periyotta kuvvet artışları da gözlemlenmiştir. İkinci periyot sonrasında, kreatin kinez yoğunluğunda ve izometrik kuvvette yine küçük bir artış olmuştur. 3. periyottan sonrasına kadar kuvvette gerçek bir artış yaşanmamıştır. Elde edilen bu bulgular Issurin'in sonuçlarıyla uyumluluk göstermemektedir. Issurin'e göre titreşim çalışmasının uygulanmasıyla beraber kuvvette meydana gelen artış çalışmanın başından itibaren doğrusal yan lineer bir dzlemdeydi. Bu nedenle, deneklerin maksimal kuvvetlerinde ilk başlarda bir düşüş görülmemiştir. Her iki araştırmacının da titreşim çalışmalarının etkilerini incelemek için farklı testler kullandıklarını söylemekte fayda vardır. Spitzpfeil izometrik bacak presi kullanırken Issurin ise izotonik maksimal bilek kasılması kullanmıştır. Bu önemli bir noktadır, çünkü belli bir kas grubu üzerinde titreşim çalışmasının etkisi aynı kas grubunun farklı kasılmalarına göre çeşitlilik göstermektedir. Bacak kaslarının titreşim çalışmasına tabi tutulmasından sonra, maksimal zıplama yksekliginde 10 saniye sonra değişim görülürken; izometrik bacak presinde titreşimden 2 dakika geçmesine rağmen bir değişiklik gözlemlenmemiştir (Rittweger ve Ark, 2000).

Teoriye göre mümkün olmamasına rağmen, bu araştırmacıların izometrik kuvvette bir artış sağladıklarını belirtmekte fayda vardır. Spitzpfeil tarafından kullanılan çalışma hacminin diğer çalışmalarda kullanılanlardan çok daha yüksek olduğu da unutulmamalıdır. Mester, aynı laboratuarda yapılan diğer çalışmalarda her hangi bir etkinin yaratılmadığına dikkat çekmektedir (Schlumberger ve Ark, 2001).

Son olarak, bir diğerk boylamsal çalışmada, Weber 12 hafta boyunca haftada bir ya da iki kez titreşim çalışması yapılmasından sonra % 27 ve % 24 lük ilerlemeler bulmuştur. Mester'den farklı olarak, Weber ilk haftalar boyunca kuvvette bir azalma tespit edememiştir. Bunun nedeni Weber'in çalışmasında daha dūřuk seviyede frekansların kullanılmış olmasıdır (Schlumberger ve Ark, 2001).

## 2.6.TİTREŞİMİN DİĞER ETKİLERİ

### 2.6.1.Esneklik Őzerine Etkiler

Titreřimi bir çalışma yōntemi olarak ilk kez kullanan Nasarov öncelikli olarak esneklik Őzerindeki etkilerle ilgileniyordu. Titreřimli germe egzersizlerinin, titreşimsiz olanlara nazaran esneklikte daha fazla artış sağladıklarını tespit etmiştir (Kūnnemeyer ve Schmidtbleicher, 1997). Esneklik Őzerindeki bu etkinin altında yatan mekanizma Golgi tendon organlarının uyarılmalarındaki değişimlerde aranmıştır (Issurin ve Ark, 1994). Esneklik Őzerine yapılan son araştırmalar germe egzersizleri kullanarak esnekliği artırmanın kasın boyu Őzerinde ya da kasın kasılma sūresinde bir etkisinin olmadığını gōstermektedir. Artmış esnekliğin temel bir nedeni vardır, bu da artan gerilme toleransıdır (Magnusson ve Ark, 1998). Titreřim sonrası esnekliğin artmasının nedeni de muhtemelen budur. Kasın esnekliği ısınma hareketleri yapıłana kadar değişmez. Bu durum Ribot-Ciscar (2009) ikilisi tarafından yapılan bir araştırmada da teyit edilmiştir. Tendon titreşiminden sonra, gerilen kasın normalde olduğundan daha az gerildiği gōrūlmüřtūr, bu da titreşimin kasın Őzelliklerinden daha çok sinirsel mekanizmalar Őzerinde değişimlere sebep olduğunu gōstermektedir. Gerilme toleransındaki artış sakatlıkları engellemede bir Őnlem olarak gōrev yapmaz. Bu bağlamda, eksantrik kasılmalar olmadan yapılan bir ısınma daha uygundur (Pope ve Ark, 2000).

Hareketin yelpazesini geniřletmek için titreřim çalıřmalarını kullanmak jimnastikiler gibi yūkssek esnekliđe gereksinimi olan atletler için çok ilgi çekicidir. Sadece Nasarov ve Issurin deđil, aynı zamanda Kūnnemeyer ve Scmidbleicher de yapılan hareketlerin kapsamını geniřletmeyi bařarmıřlardır (Wiemann ve Hahn, 1997).

Titreşimin kemik yoğunluğu kaybını önlediğine dair birçok bulgu vardır. Örneğin, Flieger titreşimin rahimleri alınan farelerde kemik erimesini azalttığını tespit etmiştir. Bu olay, bir yıl boyunca koyunları düşük frekanslı titreşimlere tabi tutarak kemik yoğunluğunu artıran Rubin'in bulgularıyla uyusmaktadır. Hayvanlar üzerinde yapılan bir başka araştırma ise titreşimin kısmen de olsa inaktivite dönemlerinde bazı özelliklerin kaybedilmesini azalttığını göstermektedir (Falempin ve In-Albon, 1999).

Tendon titreşiminin akut etkilerinden birisi iç algıda meydana gelen değişimdir. Birçok la götüren sinirinin frekansı tendon titreşimi sonrasında düşüş göstermiştir. İnsanların titreşim seansları sonrasında kendilerini daha zinde hissetmelerinin nedeni bu olabilir. Bu rahatlama hissi daha da ileriye götürülebilir çünkü ağrının hissedilmesini de yavaşlatır. Titreşim sonrasında acı hissetmede düşüşlerin meydana geldiğine dair bulgular da mevcuttur. Titreşim çalışmasının kemik yoğunluğunu artırdığına dair deliller vardır. Uygulamada, titreşim osteoporozun etkilerini ortadan kaldırmada kullanılabilir. Aynı zamanda, titreşimin acıya duyarlılığı da düşürdüğü vakıadır. Ek olarak, titreşim iç algıyı da değiştirir. (Kelderman, 2001). Titreşimin hem akut hem de yapısal etkileri vardır. Titreşim vasıtasıyla esnekliğin artırılması, yaptıkları spor faaliyetlerinde önemli oranda esnek olmaları gereken jimnastikçiler gibi diğer sporcular için de uygundur. Titreşimle esnekliğin artırılması sakatlanma riskini ortadan kaldırmaz (Issurin ve Ark, 1994).

## **2.7.TİTREŞİMİN ZARARLI ETKİLERİ**

### **2.7.1.Zararlı Etkiler**

Titreşimle antrenmanın sağladığı olumlu etkilerden farklı olarak, titreşimin insan bedeni üzerindeki olumsuz etkileri de araştırılmış ve bu etkiler en çok aşırı titreşim yüklemelerinin yapıldığı durumlarda gözlemlenmiştir. Bu tür durumlarda titreşime maruz kalmanın sinirler, kan damarları, eklemler ve beyin fonksiyonları gibi biyolojik yapılar üzerinde zararlı etkilerinin olduğu saptanmıştır. Titreşimin hayvanlar üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmalarda da endokrin sisteminde, kardiyovasküler fonksiyonlarda, merkezi sinir sisteminde ve metabolik işlemlerde değişikliklerin meydana geldiği kanıtlanmıştır. Titreşim yüklemesinin fizyolojik tehlikelerini araştıran bir araştırmadan hareketle titreşim zararlı etkilerini azaltmak

maksadıyla standartlar belirlenmiştir. Ancak, her ne kadar çalışma koşullarında standartlar olsa da, atletizm dünyasında titreşimin etkilerini azaltmak için standartlar belirlenmemiştir. Ancak, kayak, ata binme, yelkencilik, buz pateni gibi sporların aşırı titreşim yüklemesine sebep oldukları bilinmektedir. Titreşime maruz kalma yarardan çok zarar getirecekse, titreşime karşı verilen biyolojik tepkinin titreşimin frekansı, süresi, şekli ve büyüklüğüne bağlı olduğunu belirtmekte yarar vardır. (Jordan ve Ark, 2005).

Uzun süreli titreşime maruz kalma özellikle çalışma atölyelerinde ve tamirhanelerde bilişsel becerilerin körelmesi riskini taşımaktadır. Bunlara örnek olarak akrofobi, sırt problemleri, görme bozuklukları ve epilepsi verilebilir. Bu etkilerin oluşmasında titreşimin frekansı da önemli rol oynar. Yaşamsal organlarımızın rezonans frekansı 5-20 Hz arasında değişir. Bu türden titreşim frekanslarına karşı bedenin tepki verme stratejisi titreşimi mümkün olduğu kadar düşürme şeklindedir. 5-20 Hz arası frekanslarda, titreşimin büyüklüğü belirli sınırlar arasında olduğu müddetçe titreşim beden içerisine geçemez. 24 Hz üzerindeki frekansların vücut tarafından azaltılması mümkün değildir ve denge sağlamak bu noktadan sonra daha da zorlaşır. Bir titreşim seansı boyunca üst vücudun hareketlerini gösteren grafikten bu durum görülebilir. Dengedeki anomaliler 24 Hz civarında daha da artmaya başlar. Ancak, bu titreşimin yaşamsal organlara olası tehlikeleri azaltılır çünkü bu organların titreşim rezonansları artmıştır. Bu nedenle, bu bulgulardan hareketle 5-20 Hz arası titreşim tavsiye edilmez. Bu frekanslardaki titreşim ekipmanlarının güvenilirliği kuşkuludur. (Mester ve Ark, 1999).

Drerup titreşime maruz kalınan zaman ile fiziksel özellikler arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yapmıştır. Titreşime maruz kalarak ve kalmayarak aynı işi yapan iki grup arasında her hangi bir farklılık görülmemiştir. Yürüme, ayakta durma ve taşıma gibi bedensel faaliyetlerde bir farklılığa rastlanmamıştır (Drerup ve Ark, 1999).

Rittweger, bu çalışma yöntemiyle ulaşılabilecek antrenman kapasitesinin limitlerini belirlemek maksadıyla bedensel titreşimin sonuçlarını inceleyen bir çalışma yapmıştır. 37 adet denek farklı günlerde ikişer kez titreşime maruz bırakılmıştır. Denekler bu süre boyunca çok yavaş çökme hareketleri gerçekleştirdiler. Çalışmanın hemen akabinde zıplama yüksekliği ve maksimal kasılma gibi bir dizi test uygulandı. Ortaya çıkan en ilginç sonuç zıplama yüksekliğinde meydana gelen azalmaydı, ancak

bu azalma son zıplamada ortadan kalkmıştı. EMG ise yüksek bir değerdedi (Rittweger ve Ark, 2000).

Titreşime verilen tepki çok bireyseldi. Reaksiyon kişiden kişiye değişmekteydi. Titreşime verilen tepki bireysel olduğu için çalışma programlarının da kişilere göre yapılması gerekir. Araştırmacılara göre titreşim sonrasında ortaya çıkan yorgunluk iki katmanlıdır. Bunlar nöromusküler yorgunluktur. Bunu en önemli nedeni titreşim sonrası laktat ile zıplama yüksekliğinde meydana gelen düşüş arasındaki zayıf korelasyondur. Araştırmadan ortaya çıkan sonuç titreşim çalışmalarının akut bir risk taşımadığıdır. Ölçülen tüm değerler titreşimden 15 dakika sonra normal seyrine dönmüşlerdir. Araştırmalara göre uzun süreli olarak titreşime maruz kalma her zaman vücudun hasar görmesine yol açmaz. Bu nedenle, bir uzman denetiminde titreşim çalışması yapmak tavsiye edilir, çünkü her insanın titreşime karşı verdiği tepki kişiden kişiye değişir. Bu açıdan bakıldığında, bireysel denetim altında titreşim tavsiye edilir (Rittweger ve Ark, 2000).

## **2.8.TİTREŞİME DAYALI FİZYOLOJİK TEHLİKELER**

Titreşimin insan bedeninde olumsuz etkilere neden olduğuna dair net bulgular mevcuttur (Griffin, 1996). Titreşimin fizyolojik etkileri şu başlıklar altında incelenebilir: Kardiyovasküler sistem, solunum sistemi, endokrin sistemi ve metabolizma, motor işlemler, duyu sistemleri ve iskelet değişimleri. Hayvan bedeninde yüksek miktarlarda titreşimin kullanıldığı çalışmalarda akciğer parçalanması, gastrointestinal kanama ve ölüme yol açan kalp yetmezliği vakaları gözlemlenmiştir.

İş sahalarında yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre titreşime maruz kalmanın ciddi fizyolojik tehlikeler içerdiği kanıtlanmıştır. Bu çalışmalarda, işçiler uzun süreli veya kısa süreli yüksek miktarlarda titreşime maruz kalabilmektedirler. Titreşimin neden olduğu patolojilerden biri de el-kol titreşim sendromudur (HAVS). Bu hastalık yüksek miktarda titreşime maruz kalmanın neden olduğu bir bozukluktur. HAVS delme araçlarını kullanan maden işçilerinde yaygın olarak görülmektedir. Bu örnekte, maden işçileri günde 3 saate kadar titreşime maruz kalmışlardır. HAVS tanısı konulan hastaların ellerinde nörolojik bozukluklar tespit edilmiştir ve

hastalığın sonraki safhalarında ise vasküler işlev bozuklukları da ortaya çıkabilmektedir. Biyolojik dokulara verdiği zararın yanı sıra, titreşime maruz kalmanın aynı zamanda iç algı (Vücut içerisinde oluşan bilinç ve istem dışı hareket algısı) sistemini de engellediği ortaya konmuştur. Tendonlara ve kaslara titreşim uygulanmasının kinestetik ilüzyonlara sebep olduğu kanıtlanmıştır (Miyashita ve Ark, 1983).

Vücudun titreşime maruz kalması sonucu bazı fizyolojik bozukluklar görülebilmektedir. Bu titreşim spinal refleksleri, motor duyu kontrolünü, kalp ve solunum ritmini değiştirebilmektedir. Örneğin, 1 Hz in altındaki titreşimin insanda algı bozukluğu yaratarak hareket kabiliyetini azalttığı görülmüştür (Rohmert ve Ark, 1989).

Titreşime maruz kalmanın ortaya çıkarabileceği bu risklerden hareketle, atletlerin çalışma programlarına titreşim dahil edilirken ihtiyatlı olmak gerekir. Titreşime maruz kalma süresi titreşim antrenmanında çalışma sahasındakinden daha kısa süreliken, birçok titreşim platformu ciddi yaralanmalara sebep olacak büyüklükte ve frekansta titreşim yaratabilmektedir. Özetle, atletlerin titreşim antrenmanlarına tabi tutulması esnasında güvenliği sağlamada önemli olan faktörler titreşimin büyüklüğü, süresi ve titreşim esnasında vücudun pozisyonudur (Jordan ve Ark, 2005)



## **BÖLÜM III YÖNTEM**

Bu çalışma titreşim uygulamalarının dikey sıçramaya olan akut etkisini değerlendirmek için yapılmıştır. Araştırma grupları her ısınma uygulamasından sonra, aktif dikey sıçrama skuat sıçrama testlerini gerçekleştirmişlerdir.

### **3.1.DENEKLER**

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda okuyan 25 erkek sporcu; yaş  $22,20 \pm 1,73$ , (20-27) yıl, boy uzunluğu  $179,24 \pm 1,73$  (190-172) cm, beden ağırlığı  $71,52 \pm 9,0$  (59-91) kg ] gönüllü olarak katılmıştır. Deneklere, bu çalışmaya katılımları ve testlerle ilgili her türlü bilgi aktarıldı.

### **3.2.VERİ TOPLAMA ARAÇLARI**

Sporcuların titreşim uygulamaları için, farklı frekans aralıklarında titreşim üretebilen (Power Maxx, SA) platform kullanıldı.

Sıçrama testleri için, 500 Hz frekans aralığında ölçüm yapan kuvvet platformu (Quadro Jump, Kistler, İsviçre) kullanıldı.

### **3.3.PROSEDÜRLER**

Deney uygulaması için deneklere 3 gün arayla 2 test uygulandı. İlk testte denekler titreşime maruz bırakılmazken aynı denekler ikinci testte platform üzerinde Normal

duruş, Skuat duruş ve Parmak uçları ile duruş hareketi yaparak titreşime maruz bırakıldılar.

Denekler 1. ve 2. testte ölçümün başından sonuna kadar sadece 2 ara vermiştir. İlk testte denekler 5 dk hafif tempolu koşunun ardından ilk araya girerek 2 dk yürüdüler. Sonra hiçbir şey yapmadan 2. araya girdiler. Verilen bu arada ise 2 dk koltukta oturarak dinlendiler. Akabinde teste tabi tutuldular. Deney uygulamasına 3 gün ara verildi. 4. gün ikinci test için aynı denekler aynı ısınma evresinin ardından ilk araya girdiler. Bu arada deneklerin her biri titreşime (35 Hz, 4,5 mm) maruz bırakılır. Ardından denekler 2. araya girdiler ve 2 dk boyunca koltukta oturarak dinlendiler. Akabinde teste tabi tutuldular.

Denekler titreşim platformu üzerine çıkararak normal duruş, 110 derece dizlerden eğilerek skuat duruş ve parmak uçları ile duruş hareketlerinin her birini sırayla 30 sn boyunca gerçekleştirdiler. 30 sn sonrasında aralarda 15 sn dinlenerek uygulamayı 3 kez tekrarladılar.

### **3.4.VERİLERİN TOPLANMASI**

**Sıçrama Ölçümleri:** Denekler aktif dikey sıçrama ve skuat sıçrama olmak üzere iki farklı sıçrama yapmışlardır. Denekler her sıçramayı 3'er kez tekrarlamış ve bu değerlerden en iyi olanı kaydedilmiştir

**Skuat Sıçrama:** Deneklerden elleri belde olacak şekilde skuat pozisyonu almaları ve dizlerden herhangi bir yaylanma hareketi yapmaksızın maksimum kuvvetle olabildiğince yukarı sıçramaları istenmiştir.

**Dikey Sıçrama:** Deneklerden normal dik duruş pozisyonunda eller belde dizlerden aşağıya doğru hızlı bir çökme hareketi yaptıktan sonra maksimum kuvvet ile yukarı sıçramaları istenmiştir.

### **3.5.İSTATİSTİKSEL ANALİZ**

İstatistiksel analizler için SPSS programı kullanılmıştır. Elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandıktan sonra, ölçümler arasındaki farkları hesaplamak için nonparametrik düzende Wilcoxon testi uygulanmıştır. P değerinin 0,05' ten küçük olması durumunda ölçümler arası fark anlamlı kabul edilmiştir.

## BÖLÜM IV BULGULAR

### 4.1.DENEKLERİN DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Araştırmamıza dâhil edilen deneklerin demografik özellikleri tablo 1’de sunulmuştur. Veriler ışığında bu çalışmaya dâhil edilen deneklerin yaşları  $22,2 \pm 1,7$  (20-27) yıl, boy uzunlukları  $179,2 \pm 4,8$  (172-190) cm, beden ağırlığı  $71,52 \pm 9,0$  (59,30-91,90) kg olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 1. Deneklerin demografik özellikleri

	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	En Küçük	En Büyük
<b>Yaş (Yıl)</b>	22.2	1.7	20.00	27.00
<b>Boy (cm)</b>	179.2	4.8	172.00	190.00
<b>Beden Ağırlığı (kg)</b>	71.52	9.0	59.30	91.90

### 4.2.Deneklerin Sıçrama Performansları

Wilcoxon testine göre sıçrama yüksekliği, zirve güç ve ortalama güç açısından titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel fark bulunmuştur (sırasıyla,  $Z= -2.086$ ;  $p<0.05$ ;  $Z= -2.408$ ;  $p<0.05$ ;  $Z= -3.054$ ;  $p<0.01$ ).

Tablo 2. Sıçrama performansına yönelik Tanımlayıcı ve Wilcoxon test sonuçları

		Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Z	P
Sıçrama Yüksekliği (cm)	Önce	41.6	4.9	-2.086	<b>0.037</b>
	Sonra	43.5	5.4		
Zirve Güç (W)	Önce	3420.2	624.4	-2.408	<b>0.016</b>
	Sonra	3586.7	622.5		
Ortalama Güç (W)	Önce	1870.5	371.1	-3.054	<b>0.002</b>
	Sonra	2011.2	328.0		

Bu istatistiksel sonuç ile daha önce belirttiğimiz “*Titreşim uygulamalarının dikey sıçrama performansına pozitif etkisi vardır*” hipotezi **KABUL** edilmiştir.

#### 4.3. Deneklerin Skuat Sıçrama Performansları

Wilcoxon testine göre skuat sıçrama yüksekliği, zirve güç ve ortalama güç açısından titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel fark yoktur (sırasıyla,  $Z = -0.121$ ;  $p > 0.05$ ;  $Z = -0.363$ ;  $p > 0.05$ ;  $Z = -0.363$ ;  $p > 0.05$ ).

Tablo 3. Skuat sıçrama performansına yönelik Tanımlayıcı ve Wilcoxon test sonuçları

		Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Z	P
Sıçrama Yüksekliği (cm)	Önce	39.7	4.6	-0.121	0.904
	Sonra	39.2	6.0		
Zirve Güç (W)	Önce	3471.0	627.0	-0.363	0.716
	Sonra	3458.8	671.1		
Ortalama Güç (W)	Önce	1542.2	311.5	-0.363	0.716
	Sonra	1556.7	297.9		

Bu istatistiksel sonuç ile daha önce belirttiğimiz “*Titreşim uygulamalarının skuat sıçrama performansına pozitif etkisi vardır*” hipotezi **RED** edilmiştir.

## BÖLÜM V TARTIŞMA

Son yıllarda titreşim oldukça popüler bir egzersiz ve antrenman yöntemi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Titreşim antrenmanlarının performansa olan akut etkisini incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada çıkan sonuçlar değişkenlik göstermektedir. Deneklerin Sıçrama Performanslarına bakıldığında titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken , skuat sıçramada anlamlı farklılık bulunamamıştır.

Çalışmamıza benzer nitelikteki çalışmaları inceleyecek olursak; Bosco ve arkadaşları(1999)titreşim platformuyla uygulanan tüm vücut titreşim egzersizlerinin dikey sıçrama becerisini % 3,8 ve bacak kuvvetini % 7 oranında arttırdığını rapor etmişlerdir ve çalışmamızı destekler niteliktedir. Gelen ve Arkadaşları, titreşimin futbolda penaltı performansına akut etkisini 3 farklı frekans(25 Hz, 30 Hz, 35 Hz) aralığında incelemiştir. Titreşim uygulamasının futbol penaltı atış performansını arttırdığı ve en iyi etkinin ise 30 ve 35 Hz frekans aralığında gerçekleştirdiği sonucuna varmışlardır. Issurin, düzenli ağırlık çalışmaları boyunca titreşimi kullanıyordu. Bu şekilde birkaç hafta çalışma yaptıktan sonra, Issurin hareketin yapıldığı andaki maksimal kasılmada da bir güç artışı olduğunu keşfetmiştir (Issurin, 1994). Nazarov ve Zilinski, titreşim halkalarıyla omuz germe çalışmalarının önemli akut etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir (Nazarov, Zilinski, 1984). Albal ve Arkadaşları, farklı frekanslarda uygulanan titreşimin sürat performansına akut etkisini araştırmışlar ve olumlu sonuç elde etmişlerdir. Issurin ve arkadaşları, tıp fakültesi öğrencilerinden oluşan 2 grup üzerinde esneklik çalışmalarının etkilerini inceledi. Öğrenciler 3 hafta boyunca haftada 3 antrenman yaparak çalıştılar. 3 ncü plasebo grubu ise düzensiz çalışmalar yaptılar. 2 esneklik çalışması grubunun programı belliydi ve her seansı 7 dakika süren dinamik ve statik gerdirme egzersizlerinden oluşuyordu. Gruplardan birinde 44Hz ve 22m/s<sup>2</sup> lik ivmeli titreşim uyarıcısı kullanıldı. Bu grupta % 8,7, ikinci grupta %2,4 ve plasebo grubunda ise

%1,2 lik gelişme sağlandı. Bu çalışmada titreşim uygulanan kasların kan dolaşımını hızlandırdığı tespit edildi. Artan kan dolaşımı aynı zamanda termal bir etki de yaratır (Issurin ve Ark., 1994). Samuelson, titreşimin uzun dönemde engelleyici bir etkisinin olabileceğini iddia etmiştir. Ebre ve Arkadaşları, Titreşimin hentbolde atış performansına akut etkisini incelemiş ve olumlu sonuç elde etmişlerdir. Samuelson, İzometrik bacak presindeki maksimal kuvvetin titreşimli ve titreşimsiz çalışmada değişmediğini ancak bu maksimal kasılmanın oluşması için gerekli zamanın azalacağını belirlemiştir. Drerup, titreşime maruz kalınan zaman ile fiziksel özellikler arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yapmıştır. Titreşime maruz kalarak ve kalmayarak aynı işi yapan iki grup arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Yürüme, ayakta durma ve taşıma gibi bedensel faaliyetlerde bir farklılığa rastlanmamıştır (Drerup ve Ark., 1999). Rittweger, bu çalışma yöntemiyle ulaşılabilecek antrenman kapasitesinin limitlerini belirlemek maksadıyla bedensel titreşimin sonuçlarını inceleyen bir çalışma yapmıştır. 37 adet denek farklı günlerde ikişer kez titreşime maruz bırakılmıştır. Denekler bu süre boyunca çok yavaş çökme hareketleri gerçekleştirdiler. Çalışmanın hemen akabinde sıçrama yüksekliği ve maksimal kasılma gibi bir dizi test uygulandı. Ortaya çıkan en ilginç sonuç sıçrama yüksekliğinde meydana gelen azalmaydı, ancak bu azalma son sıçrama ortadan kalkmıştı. EMG ise yüksek bir değerdedi (Rittweger ve Ark, 2000).

Kısaca toparlayacak olursak vücudumuza titreşim verildiğinde hangi aktiviteler gerçekleşiyor özetleyelim. Titreşim Antrenmanı Prof. Nazarov'un "Tüm Vücut Titreşimi" kavramına göre geliştirilmiştir. Herhangi bir bilinçli efor olmadan bile antrenman etkisine ulaşılır ve kas kasılması gerçekleşir. Titreşim ve bu titreşimlerin ivmeleri sayesinde kaslar hemen çalışmaya başlar. Sinir sistemi ve buna bağlı olan kas sistemi elektronik şoklarla uyarılarak sinirlere ve kaslara aktivite (canlılık) kazandırır. Titreşime maruz bırakılan kaslar platformla temas ettikçe aynı hızda aktivasyona zorlanır. Uygulanan kasta aynı miktarda istemsiz aktivasyona sebep olur. Titreşim Antrenmanı'ın ilkesi aynı hafiflik ve ağırlık hissini doğrudan aktif kasta oluşturur. Bu kası daha sıkı olarak çalışması için zorlar ve antrenman stimulusunu benimsemesini sağlar. İnsan vücudu denge ve homeostazı sağlamaya yardım eden pek çok doğal reflekse sahiptir. Titreşim Antrenmanı kullanıldığında özel tür gerinme refleksi meydana gelir Bu tür kas aktivasyonunun ana avantajı kas

liflerinizin %100' ünü çalıştırmasının mümkün olabilmesidir. Geleneksek çalışma şeklinde kas liflerini %40-60 arasında çalıştırabilirsiniz.

Sonuç olarak, belirlenen bulgular ışığında titreşim uygulamalarının sıçrama performansları üzerinde farklı etkilerinin olduğunu söylemek mümkün olmaktadır.



## BÖLÜM VI SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma insan vücuduna maruz bırakılan 35 Hz frekans yoğunluğunda olan titreşiminin aktif ve skuat sıçrama performansına olan akut etkilerini ortaya koymak için yapıldı. Bu çalışma değerlendirildiğinde akut titreşim uygulamasının farklı sonuçlara neden olduğu görülmektedir.

Aktif dikey sıçrama için; sıçrama yüksekliği, zirve güç ve ortalama güç açısından titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel fark bulunmuştur. Bunun yanında Skuat\_dikey sıçrama için; sıçrama yüksekliği, zirve güç ve ortalama güç açısından titreşim uygulaması öncesi ile sonrası arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Bu veriler çerçevesinde sonuç olarak titreşim uygulamalarının performansa akut etkisinde farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu farklılıklara neden olarak platform üzerindeki duruş pozisyonu etken olarak gösterilebilir. Her insanın titreşime karşı verdiği tepki kişiden kişiye değişim gösterebileceği etkeni de göz ardı edilmemelidir.

Sonuç olarak, 35 Hz frekans aralığında uygulanan titreşimin aktif sıçrama performansını arttırabileceği sonucuna varılmıştır. Sıçrama (yüksek atlama vb.) gibi patlayıcı kuvvet ve yüksek güç gerektiren aktiviteler öncesinde titreşim çalışmaları yapıp müsabakalarda performansa olumlu etki göstereceği söylenebilir.

## KAYNAKÇA

- Albal, D., Gelen, E., Polat, Y., Saygın, Ö., Kılınç, F., Süel, E., Karacabey, K., Beck, M.F., (1999). *Miladay's Theory and Practice of Therapeutic Massage*. New York Milady Publishing Company.
- Behm, D.G., Sale, D.G., (1993). Intended Rather Than Actual Movement Velocity Determines Velocity Specific Training Response. *J Appl Physiol* 74, 359-368.
- Behm, D.G., Sale, D.G., (1993). Velocity Specificity of Resistance Training. *Sports Med* 15, 374-388.
- Bishop, B., (1974). Neurophysiology of Motor Responses Evoked by Vibratory Stimulation. *Phys Theraphy* 54, 1273-82.
- Bongiovanni, L.G., Hagbarth, K.E., Stjernberg, L., (1990). Prolonged Muscle Vibration Reducing Motor Output in Maximal Voluntary Contractions in
- 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 Occup Physiol Mar*; 79(4), 306-11.
- Cafarelli, E., Sim, J., Carolan, B., Lieberman, J., (1990) . Vibratory Massage and Short-Term Recovery from Muscular Fatigue. *Int J. Sports med.* 11, 474-8.
- Cardinale, M., Bosco. C. (2003). The Use of Vibration As An Exercise Intervention. *Exerc. Sports Sci. Rev*, 31 (1), 3- 7.
- Çınar, V., (2008). The Accute Effects of Different Vibration Frequencies on Sprint Performance. 10. International Sport Sciences Congress, Bolu, Turkey
- Drerup, B., Granitzka. M., Assheuer, J., Zerlett, G., (1999). Assessment of Disc Injury in Subjects Exposed to Long-Term Whole-Body Vibration . *Eur Spine J* 8, 458-67.
- Ebrem, Ş., Gelen, E., Saygın, Ö., Karacabey, K., Kılınç, F., Polat, Y., Çınar, V., Doğan, C., (2008). The Accute Effects of Vibration on Handball Throw Performance . 10. International Sport Sciences Congress, Bolu, Turkey.
- Falempin, M., Albon, S.M., (1999). Influence of Brief Daily Tendon Vibration on Rat Soleus Muscle in Nonweight Bearing Situation . *Appl Physiol* 87, 3-9.
- Fiodorov, V.L., ( 1971). *Vibratory Massage* . Moscow: Phis Publisher.

- Ganong, W.F., (1995). Review of Medical Physiology . Appleton and Lange,  
Norwalk
- Gelen, E., Saygın, Ö., Karacabey, K., Süel, E., Kılınç, F., Harmandar, D., (2008).  
The Accute Effects of Vibrasyon on Soccer Penalty Kick Performance .  
10. International Sport Sciences Congress, Bolu, Turkey.
- Griffin, M.J., (1996). Handbook of Human Vibration . London: Academic Press.
- Gollhofer, A., Schopp, A., Rapp, W., (1998). Changes in Reflex Excitability  
Following İsometric Contractions in Humans . *Eur J Appl Physiol Occup  
Physiol* 77, 89-97.
- Hamada, T., Sale, D.G., Macdougall, J.D., Tarnopolsky, M.A., (2000).  
Postactivation Potentiation, Fiber Type and Twitch Contraction Time in  
Human Knee Extensor Muscles . *J Appl Physiol* 88, 2131-7.
- Issurin, V.B., Liebermann, D.G., Tenenbaum, G., (1994). Effect of Vibratory  
Stimulation Trainin on Maximal Force and Flexibility . *J. Sport Sci.*  
12, 561-6.
- Jordan, M.J., Norris, S.R., Smith D.J., Herzog W., (2005). Vibration Training:  
An Overview of The Area, Training Consequences, and Future  
Considerations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2),  
459-466.
- Kin-İşler, A., (2007). Titreşimin Performansa Etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*,  
*Hacettepe J. Of Sport Sciences*, 18 (1), 42-56.
- Komi, P.V., Mero, A., (1986). Force EMG and Elasticity Velocity Relationships at  
Submaximal and Supramaximal Running Speeds in Sprinter . *Eur J Appl  
Physiol Occup Physiol* 55, 553-61.
- Kunnemeyer, J., Schmidtbleicher, D., (1997). Die Neuromuskulaire Stimulation .  
RNS, Leistungssport 2, 39-42.
- Lundeberg, T., (1984). Long Term Result Vibratory Stimulation as a Pain Relieving  
Measure for Chronic Pain . *Pain* 20, 13-23.
- Magnusson, S.P., Aagaard, P., Simonsen, E., Moller, B., (1998). A biomechanical  
Evaluation of Cyclic and Static Stretch in Human Skeletal Muscle . *Int J  
Sports Med* 19, 310-6.
- Mester, J., Spitzenfeil, P., Schwarzer, J., Seifriz, F., (1999). Biological Reaction to  
Vibration-İmplications for Sport . *J Sci Med Sport*: 211-26.
- Miyashita, K., Shiomi, S., Itoh, N., Kasamatsu, T., Iwata, H., (1983).

- Epidemiological Study of Vibration Syndrome in Response to Total Hand-Tool Operating Time . *Brit. J. Indust. Med.* 40, 92–98.
- Nazarov, V.T., Spivak, G., (1987). Development of Athlete's Strengthabilities By Means of Biomechanical Stimulation Method . Theory prax physical cult. Moscow. 12, 37-9.
- Nazarov, V.T., Zilinski V.R., (1984). Enhanced Development of Shoulder-Joint Flexibility in Athletes . Theory Prax physical Cult, Moscow. 10, 28-30.
- Nikandrov, A.V., Kopysov, V.S., (1981). Vibratory Massage in The Weightlifters Preparation . Moscow: Phis Publisher.
- Pope, R.P., Herbert, R.D., Kirwan, J.D., Graham, B.J., (2000). A randomized Trial of Preexercise Stretching for Prevention of Lower-Limb Injury . *Med Sci Sports Exerc* 32(2), 271-7.
- Rittweger, J., Beller, G., Felsenberg, D., (2000). Acute Physiological Effects of Exhaustive Whole-Body Vibration Exercise in Man . *Clin Physiol* 20, 134-42.
- Rohmert, W., Wos H., Norlander, S., Helbig R., (1989). Effects of Vibrations on Arm and Shoulder Muscles in Three Body Postures . *Eur. J. Appl. Physiol.* 59, 243–248.
- Ross, A., Leveritt, M., Riek, S., (2001). Neural Influences on Sprint Running . *Sports Med* 31 (6), 409-425.
- Russel, R.W., (1960). Percussive and Vibratory Massage . In: Licht E, Editör massage, manipulations traction. New Haven. CT: Elizabeth Licht Publisher, 113-21.
- Schlumberger, A., Salin, D., Schmidtbleicher, D., (2001). Krafttraining unter Vibrationseinwirkung . *Sportverletz Sportschaden* 15, 1-7
- Wilkstrom, B., Kjellberg, A., Landstrom, U., (1994). Health Effects of Long-Term Occupational Exposure to Whole-Body Vibration: a Review . *Int J. Ind Ergonomics.* 14, 273-92.
- Wiemann, K., Hahn, K., (1997). Influences of Force, Stretching and Circulatory Exercises on Flexibility Parameters of the Human Hamstrings . *Int J Sports Med* 18, 340-346.
- Vibrasyon Training (2002). Mechanisms and possible mechanisms relating to structural adaptations and acute effects .

## ÖZGEÇMİŞ

Şener SOYLU; 06.03.1987 tarihinde Ankara'nın Polatlı ilçesinde doğdu.Yüksek öğrenimimi 2009 yılında Adnan Menderes Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük Eğitimi Bölümünde bitirdi. 2009-2010 döneminde Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Anabilim Dalının Eğitim Bilimleri Enstitüsüne bağlanmasıyla öğrenimini Eğitim Bilimleri Enstitüsünde sürdürmektedir.