



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKSEL KAS UYARIMININ POST AKTİVASYON
POTANSİYELİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ENDER KAYA

HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ. DR. GÖKHAN DELİCEOĞLU

2022 - Haziran



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKSEL KAS UYARIMININ POST AKTİVASYON
POTANSİYELİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

ENDER KAYA

HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ. DR. GÖKHAN DELİCEOĞLU

2022 - Haziran

Ender KAYA tarafından hazırlanan “ELEKTRİKSEL KAS UYARIMININ POST AKTİVASYON POTANSİYELİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması, aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU

Antrenman ve Hareket Bilimleri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan : Prof. Dr. Ali Ahmet DOĞAN

Antrenman ve Hareket Bilimleri Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye : Prof. Dr. Murat BİLGE

Antrenman ve Hareket Bilimleri Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 08/06/2022

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr.Mehmet Akif KARSLI

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Ender KAYA

.././2022

ÖZET

ELEKTRİKSEL KAS UYARIMININ POST AKTİVASYON POTANSİYELİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Kırıkkale Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU

Haziran, 2022, 84 sayfa

Sporcularda akut güç gelişimini en üst düzeye çıkarmak amacıyla aktivasyon sonrası potansiyasyon (ASP) olarak bilinen yöntemle son dönemlerde literatürde sık rastlamaktayız. Farklı uygulama şekilleri, dinlenme ve yüklenme protokolleri ile bu etkiyi açığa çıkarmaya çalışan yayınlar bulunmaktadır. Biz de bu kapsamda çalışmamızda kuvvet baskın antrenman yapan sporcularda nöromusküler elektromiyostimülasyon (NMES) ile uygulanan iki ayrı frekansta ki kas uyarım yönteminin ASP etkisi ile sıçrama yüksekliğinde ki değişimini incelemeyi amaçladık. Araştırmaya, $22,86 \pm 3,53$ yıl (kadın), $22,74 \pm 3,28$ yıl (erkek) yaş aralığında, $64,35 \pm 7,21$ kg (kadın), $84,06 \pm 10,46$ kg (erkek) ağırlık ortalamasında, $175,36 \pm 4,65$ cm (kadın), $187,94 \pm 7,99$ cm (erkek) boy uzunluğunda ve $21,13 \pm 3,72$ % (kadın), $17 \pm 5,1$ % (erkek) yağ yüzdesi olan eskrim (n:7), voleybol (n:10), badminton (n:6) ve basketbol (n:9) patlayıcı kuvvet baskın spor dallarından toplam 32 (kadın;14, erkek;18) sporcu katılmıştır. Sporculara iki ayrı akım yöntemi (plasebo ve ASP akım) uygulanmış, uygulama öncesinde ve sonrasında ki 1-4-7-10-13.dk larda dikey sıçrama yükseklikleri ölçülmüştür. Araştırmaya katılan erkek sporcuların plasebo akım uygulama öncesi sıçrama yükseklik değerleri $47,4 \pm 6,46$ cm, ASP akım uygulama öncesi sıçrama yükseklik değerleri $46,15 \pm 6,04$ cm ölçülmüştür. Araştırmaya katılan kadın sporcuların plasebo akım uygulama öncesi sıçrama yükseklik değerleri $35,03 \pm 4,7$ cm, ASP akım uygulama öncesi sıçrama yükseklik değerleri $35,07 \pm 4,99$ cm, ölçülmüştür. Sporcuların dizler ve kalçaları 90 derece olacak şekilde oturma pozisyonunda her iki kuadris ve gastrokinemius kaslarına 5x5 cm ebatlarında yapışkan elektroterapi pedleri kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Kullanılan potansiyasyon akımı; ısınma/kasılma/aktif dinlenme/son iyileşme fazlarını içermektedir. Isınma, aktif dinlenme ve son iyileşme fazları 1 Hz, kasılma fazı ise 9 tepe noktasından (1. tepe: 2-10 Hz, 2. tepe:2-15 Hz, 3. tepe:2-20 Hz, 4. tepe: 2-25 Hz, 5. tepe: 2-35 Hz, 6. tepe: 2-45 Hz, 7. tepe: 2-55 Hz, 8. tepe: 2-65 Hz, 9. tepe: 2-75 Hz) oluşan toplam 4 dk'lık elektriksel uyarımdan oluşmaktadır. Plasebo için uygulanan 1 Hz sabit akım, potansiyel koşullanma akımı gibi 4 dk uygulanmıştır. İki akım türünden hangisinin uygulanacağı randomize şekilde seçilerek farklı günlerde uygulanmıştır. NMES uygulaması sonrasında belirlenen dk'larda 1'er maksimum serbest sıçrama daha yaptırılıp ölçüm sonuçları kaydedilmiştir. Kadın ve erkek sporcularda NMES'in ASP akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki 5 farklı

sıçrama değerleri cinsiyetlerine göre farklılık göstermemektedir ($F=,887$, $p>0,05$). Kadın ve erkek sporcularda NMES ile plasebo akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki 5 farklı sıçrama değerleri cinsiyetlerine göre farklılık göstermemektedir ($F=1,087$, $p>0,05$). Bu bulgulara göre kadın ve erkeklerde NMES'in ASP ve plasebo akım protokollerinin ikisinin de sıçramalar üzerinde benzer etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. İki uygulamada da altı farklı sıçrama değerleri incelendiğinde uygulanan akım protoklnn ASP etki (performans artışı) açığa çıkmadığı görülmektedir. Ancak bütün akımlar incelendiğinde cinsiyetler arasında sıçrama yükseklik değerleri arasında akımlardan bağımsız olarak farklılık belirlenmiştir ($F=42,832$, $p<0,05$). Bu sonuçlara göre çalışmamız incelendiğinde sıçrama değerlerinde artışı olmamasına rağmen dinlenme sürelerinin bazı evrelerinde kırılmalar görülüp ardından artışı geçme eğilimi göstermesi ASP etki için umut vaat etmektedir.

Anahtar kelimeler: : ASP, NMES, Dikey Sıçrama, Kuvvet Gelişimi, Elektromyostimulasyon



ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ELECTRICAL MUSCLE StImulatIon on POST ACTIVATION POTENTIAL

Kırıkkale University, Health Sciences Institute
Movement and Training Sciences
Supervisor: Assoc. Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU
Jun 2022, 84 pages

In order to maximize acute power development in athletes, the method known as post-activation potentiation (ASP) has been frequently encountered in the literature recently. There are publications trying to reveal this effect with different application methods, rest and load protocols. In this context, in our study, it was aimed to examine the change in jump height with the ASP effect of two different frequencies of muscle stimulation method applied with neuromuscular electromyostimulation (NMES) in strength-dominant training athletes.

Age range of 22.86 ± 3.53 years (female), 22.74 ± 3.28 years (male), 64.35 ± 7.21 kg (female), 84.06 ± 10.46 kg (male)) mean weight, 175.36 ± 4.65 cm (female), 187.94 ± 7.99 cm (male) height and 21.13 ± 3.72 (%) (female), 17 ± 5.1 (A total of 32 (women; 14, men; 18) from the explosive power dominant sports branches fencing (n:7), volleyball (n:10), badminton (n:6) and basketball (n:9) with fat % percentage athletes participated. Two different flow methods (placebo and ASP flow) were applied to the athletes, and vertical jump heights were measured at 1-4-7-10-13 minutes before and after the application. The jump height values of the male athletes participating in the study were $47.4 \pm 6,46$ cm before the placebo current application, and the jump height values were $46.15 \pm 6,04$ cm before the ASP current application. The jump height values of the female athletes participating in the study were $35.03 \pm 4,7$ before the placebo flow application, and the jump height values before the ASP flow application were $35.07 \pm 4,99$ cm. Applications were made using 5x5 cm adhesive electrotherapy pads to both quadriceps and gastrocnemius muscles in the sitting position of the athletes with their knees and hips at 90 degrees. The potentiation current used; It includes warm-up/contraction/active rest/final recovery phases. Warm-up, active rest and final recovery phases are at 1 Hz, and the contraction phase consists of 9 peaks (1st peak: 2-10 Hz, 2nd peak: 2-15 Hz, 3rd peak: 2-20 Hz, 4th peak: 2-25hz, 5th peak: 2-35hz, 6th peak: 2-45hz, 7th peak: 2-55hz, 8th peak: 2-65hz, 9th peak: 2-75hz) It consists of a total of 4 minutes of electrical stimulation. The 1 Hz constant current applied for the placebo was applied for 4 minutes, as was the potential conditioning current. Which of the two flow types will be applied was chosen randomly and applied on different days. After the NMES application, 1 free jump was made at the determined minutes and the measurement results were recorded. The 5 different jump values before and after the flow obtained by using the ASP flow protocol of NMES in female and male athletes do not differ according to their gender

($F=,887$, $p>0.05$). The 5 different jump values before and after the flow obtained using the placebo flow protocol with NMES in female and male athletes do not differ according to their genders ($F=1.087$, $p>0.05$). According to these findings, it was determined that both ASP and placebo flow protocols of NMES had similar effects on hops in men and women. When six different jump values are examined in both applications, it is seen that the ASP effect (performance increase) of the applied current protocol is not revealed. However, when all the flows were examined, a difference was found between the jump height values between the sexes, independent of the flows ($F=42,832$, $p<0.05$). According to these results, when our study is examined, although there is no increase in the jump values, fractures are observed in some phases of the resting periods and then tend to increase, which shows hope for the ASP effect.

Keywords: ASP, NMES, Vertical Jump, Force Development, Electromyostimulation



TEŞEKKÜR

Etkisini azaltmış olsa da halihazırda içinde bulunduğumuz Covid-19 pandemi sürecinde birçok kez umutsuzluğun eşiğinden dönmüş olmama rağmen bu meşakkatli sürecin artık sonuna gelmiş bulunmanın kıvanç dolu duygusunu tatmaktayım. Bir çok tecrübeyi deneyimleyip, öğrenmenin ve keşfetmenin hiç bitmeyeceğini anladığım bu süreç bana hayatımda maddi karşılığı olmayan bir deneyim sundu. Bu vesile ile sayfanın geri kalanını bana yardımcı olup daima destekleyen değerli kişilere teşekkürlerimi sunma fırsatı bulduğum bir kısım olarak kullanmak istedim.

Yüksek lisans eğitimin ve tez sürecim boyunca yardımlarını esirgemeyen, beni destekleyen danışman hocam Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU'na, alan katkısı ve bilgi birikimleri ile akademik anlamda gelişmeye yardımcı olan Prof Dr. Murat BİLGE, Ali Ahmet DOĞAN, Doç. Dr. Halil SAROL'a, bana bu süreçte her konuda destek veren tüm mesai arkadaşlarıma, çalışmamın değerli katılımcılarına, geniş ve çekirdek ailemin her ferdine, ayrıca bu zorlu süreçte bana destek olan değerli eşim Gökçe YAKUT KAYA'ya ve minik kızım İlay KAYA' ya çok teşekkür ederim.

Ender KAYA

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Araştırmanın Amacı	3
1.2. Araştırmanın Önemi	3
1.3. Araştırmanın Problemi.....	4
1.4. Araştırmanın Alt Problemleri	4
1.5. Araştırmanın Hipotezi	4
1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları.....	5
1.7. Araştırmanın Sayıltıları	5
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1. Sıçrama	7
2.2. Dikey Sıçrama	7
2.3. Sıçrama Hareketinin Anatomisi ve Biyomekaniği.....	8
2.4. Sıçrama Hareketini Etkileyen Faktörler	9
2.5. Kas Kasılma Mekanizması	9
2.6. Kas Uzunluk-Gerilim İlişkisi	10
2.7. Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon (ASP)	11
2.7.1. ASP'nin Altında Yatan Mekanizmalar	12
2.7.2. ASP'yi Etkileyen Faktörler	13
2.8. Yorgunluk Fizyolojisi.....	15
2.9. Elektromyostimülasyon (EMS).....	16

2.9.1. EMS'nin Fizyolojik Mekanizması	16
2.9.2. EMS Frekansı ve Dinlenme Süresi.....	18
2.9.3. Elektromyostimülasyonun (EMS) Performans Gelişimine Etkisi.....	19
2.10. Kuvvet Kavramı	20
2.10.1. Kuvveti Etkileyen Faktörler	20
2.10.2. Kuvvetin Sınıflandırılması.....	21
2.11. Motor Ünite ve Nöral Adaptasyon	22
3.GEREÇ VE YÖNTEM	23
3.1. Araştırma Grubu	23
3.2. Veri Toplama Araçları.....	23
3.2.1. Boy Uzunluk Ölçüm Cihazı	24
3.2.2. Vücut Ağırlığı ve Vücut Kompozisyon Ölçüm Cihazı.....	24
3.2.3. Dikey Sıçrama Yüksekliği Ölçüm Cihazı	25
3.2.4. EMS Akım Uygulama Cihazı	25
3.3. Verilerin Toplanması	26
3.3.1. Isınma Protokolü	26
3.3.2. Boy Uzunluk Ölçümü	26
3.3.3. Vücut Ağırlığı ve Vücut Kompozisyon Ölçümü.....	27
3.3.4. Dikey Sıçrama Test Ölçümü	27
3.3.5. EMS Akım Uygulaması.....	28
3.4. Verilerin Analizi.....	29
4. BULGULAR.....	31
4.1. Tanımlayıcı Bulgular	31
4.2. Kadın ve Erkek Sporcuların ASP Akımı Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular	32
4.3. Kadın ve Erkek Sporcuların Plasebo Akımı Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular	32
4.4. Erkek Katılımcıların İki Farklı Akım Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular	33
4.5. Kadın Katılımcıların İki Farklı Akım Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular	34
5. TARTIŞMA.....	37
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
6.1. Sonuçlar	45

6.2. Öneriler	46
KAYNAKLAR.....	47
EK- 1 Aydınlatılmış Onam Formu.....	62
EK- 2 Katılımcı Beyanı.....	63
ÖZGEÇMİŞ	64



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1. Kadın ve Erkek Sporcuların Tanımlayıcı İstatistikleri	31
Tablo 4.2. Kadın ve erkek sporcularda NMES cihazı ile uygulanan ASP akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları	32
Tablo 4.3. Kadın ve erkek sporcularda NMES cihazı ile uygulanan plasebo akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları	32
Tablo 4.4. Erkek sporcularda NMES cihazı ile uygulanan ASP ve plasebo akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları	33
Tablo 4.5. Kadın sporculara NMES cihazı ile uygulanan ASP ve plasebo akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Sıçramada etkili bazı parametreler	9
Şekil 2.2. Bir ön koşullandırma kasılma protokolü sonrasında ASP ve MSS yorgunluğu arasındaki varsayımsal ilişki modeli	11
Şekil 2.3. Aktin- Miyozin simgesel Gösterim	12
Şekil 2.4. ASP'ye Genel Bakış	14
Şekil 2.5. Henneman'ın Boyut Prensibi (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006)	17
Şekil 2.6. Kuvvet Türlerinin Şemasal Gösterimi	21
Şekil 3.1. Stadiometre (Seca-217) cihazı	24
Şekil 3.2. Tanita MC-980 Vücut Ağırlığı Ölçüm Aleti	24
Şekil 3.3. OptoJump Dikey Sıçrama Test Ölçüm Aleti	25
Şekil 3.4. EMS Akım Uygulama Cihazı	25
Şekil 3.5. Boy Uzunluğu Ölçümü	26
Şekil 3.6. Vücut Ağırlığı Ölçümü ve Kompozisyon Ölçümü	27
Şekil 3.7. Dikey Sıçrama Test Ölçümü	27
Şekil 3.8. EMS Akım Uygulaması	28
Şekil 3.9. Test Uygulama Tasarımı	29
Şekil 4.1. Erkek sporcuların NMES cihazı ile uygulanan ASP akım protokolü ve plasebo akım öncesi (dinlenik) ve sonrası sıçrama değerleri	34
Şekil 4.2. Kadın katılımcıların NMES cihazı ile uygulanan ASP akım protokolü ve plasebo akım öncesi (dinlenik) ve sonrası sıçrama değerleri	35

KISALTMALAR DİZİNİ

α	: Alfa
ASP_G	: Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon Gelişimi
ACh	: Asetilkolin
ASP	: Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon
ATP	: Adenozin trifosfat
Ca⁺²	: Kalsiyum
EB	: Etki Büyüklüğü
EMS	: Elektromyostimulasyon
ES	: Elektrik Stimülasyonu
GKD	: Gerilme Kısalma Döngüsü
Hz	: Hertz
MT	: Maksimum Tekrar
MVC	: Maksimum Gönüllü Kasılma
NMES	: Nöromuskuler Elektrikstimülasyonu
ÖKA	: Ön Kondüsyonlama Aktivitesi
PAP	: Post Aktivasyon Potansiyasyonu
RFD	: Kuvvet Geliştirme Oranı
SS	: Standart Sapma
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi

1. GİRİŞ

Her geçen gün değişen ve gelişen dünyada sporcuların performans artışları teknolojik gelişmelere ve yeniliklere ihtiyaç doğurmuştur. Literatüre eklenen yeni bilimsel çalışmalar ile sporcuların performans gelişimi hedeflenmiş ve bu çalışmaların ışığında sporcu ve antrenörler yeni uygulamaları aktif şekilde kullanmaya başlamıştır (Aslan, 2019; Scott, Ditroilo ve Marshall, 2017). Performansı etkileyen parametreler göz önünde bulundurularak sporcu performansı öncesi hazırlık evresi iyi tasarlanmalıdır. Sakatlığı (ya da yaralanma) önlemek amacıyla müsabakalardan ve antrenmanlardan önce kullanılan ısınma-soğuma, denge, esneklik, koordinasyon ve propriosepsiyon içeren egzersizler aynı zamanda sporcu performansı üzerinde etkilidir (Malone, Garrett ve Zachazewski, 1996; Çelebi ve Zergeroğlu, 2017; Harmancı ve ark., 2017). Performansı geliştirmede farklı yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Patlayıcı kuvveti geliştirmede son zamanlarda aktivasyon sonrası potansiyel (Post Aktivasyon Potansiyasyon; ASP) olarak adlandırılan kavram, sporcularda akut güç gelişimini en üst düzeye çıkarmak için bir araç olarak ortaya çıkmıştır. ASP kavramı aktif katılım yapan kaslarda performans öncesinde benzer biomekaniksel yüklenmeler yapıldığında, ardından gelen kasılma performansını etkilediğini savunan bir teoridir. Özetle iskelet kaslarında maksimum istemli kasılmaların zirve torku, kısa süreli bir maksimum istemli kasılmadan sonra geçici olarak artabilir ve bu ASP etki mekanizmasının sonucunu açıklamaktadır (Stone ve ark., 2008; Robbins, 2005; Hodgson, Docherty ve Robbins, 2005).

Antrenman öncesi yoğun aktiviteler kas yorgunluğuna neden olup performans üzerinde olumsuz sonuçlar doğurabilirken, kısa süreli ve yüksek yükleme içeren aktivitelerin performansta artış sağlayabildiği savunulmaktadır (Sale, 2002; Judge, 2009; Mitchell ve Sale, 2011). Teorik olarak, doğru seçilmiş benzer biyomekanide, maksimum istemli izometrik kasılma (Maximum Voluntary Isometric Contraction-MVIC) veya maksimum istemli kasılma (Maximal Voluntary Contraction-MVC) ön yüklenme aktivitelerinin sporcuların performansını arttırdığı sprint ve sıçrama gibi yüksek yoğunluk içeren branşlarda yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Karampatsos

ve ark., 2013; Sarramian, Turner ve Greenhalgh, 2015; Turner ve ark., 2015; Wallace ve ark., 2019).

Kişisel özelliklerin ve sportif düzeyin ASP etkinliği üzerinde önemli bir faktör olduğu farklı yazarlar tarafından belirtilmiştir. Birçok çalışma, elit düzey ve güç gerektiren alanda antrenman yapan sporcuların diğerlerinden daha fazla ASP duyarlılığı açığa çıkardığını göstermiştir. Bu sonuçların, branşa özgü olarak yüksek oranda tip IIB kas lifi olan katılımcılarda daha iyi bir ASP yanıtı gösterdiğini belirtmektedir (Hamada ve ark., 2000; Seitz, Villarreal ve Haff, 2014). Tip II liflerindeki daha büyük ASP, aktivasyona yanıt olarak miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyon kapasitelerinin daha yüksek olmasıyla ilişkili görünmektedir (Grange, Vandenboom ve Houston, 1993; Zhi ve ark., 2005). ASP etkisini açığa çıkarmak için uygulanan yüklenmenin türü, süresi ve yoğunluğu kadar dinlenme süresinin de önemli olduğu bildirilmiştir (Gouvea ve ark., 2012; Wilson ve ark., 2013). Bununla birlikte, belirli bir ASP ön yüklenme etkisinin ve dinlenme süresinin temel kuralları ve sonuçları henüz belirsizdir. Geçmiş çalışmalar incelendiğinde 10 sn gibi kısa dinlenmelerin (Sygulla ve Fountaine, 2014) veya 20 dk (Kilduff ve ark., 2008) gibi daha uzun dinlenme aralıklarının ardından ASP etki varlığının araştırıldığı görülmektedir. Örneğin; 8-12 dk (Gouvea ve ark., 2013), 7-10 dk (Lesinski ve ark., 2013; Wilson ve ark., 2013) ve 5-7 dk (Seitz ve Haff, 2016) arasında optimal dinlenme aralıkları öneren çalışmalar literatürde mevcuttur. Tutarsızlık barındıran bu bulguların muhtemelen deneklerin profesyonellik düzeyi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

ASP etkisinin izometrik mi, yoksa izotonik kasılmalarla mı açığa çıkarılması gerektiği konusunda da kesin kanıtlar henüz ortaya konmamıştır. İzometrik kasılmaların, dinamik kasılmalara göre daha az metabolik maliyet gerektirmesi yapılan izometrik aktiviteler sonrası dinamik bir aktiviteye nazaran daha az toparlanma süresine ihtiyaç duyulmasını sağlamaktadır (Lim ve ark., 2013). İzometrik kasılmalar kas liflerinin ateşlenme oranını dinamik kasılmalara kıyasla daha fazla sağlamaktadır. Fakat şu ana kadar ki çalışmaların yetersizliği iki ön kondisyonlama aktivitesinin (ÖKA) karşılaştırılmasında kısıtlı kalmaktadır ve henüz netliğe sahip değildir (Duchateau ve ark., 1984; Tillin ve ark., 2009). Sporcularda alternatif bir kuvvetlendirme yöntemi olarak NEMS kullanımı; çeyrek asır önce, Yakov Kotz'un yüksek frekanslı NEMS eğitim programından sonra yaklaşık %40 kas kuvvet artışı olduğunu ifade etmesi ile

başlamış ve nöromusküler elektrikstimülasyon (NEMS) çalışmalarının sayısı artarak literatüre girmiştir (Porcari ve ark., 2002). Son yıllarda ise hem sağlıklı bireylerde hem de elit sporcular arasında alt ekstremite kaslarının istemli maksimum kasılma gücünü artırmak amacıyla kullanımı gözde konuma gelmiştir (Maffiuletti ve ark., 2002a; Marqueste, 2010). Lokal NEMS uygulama yöntemleri sporcularda ve sağlıklı kişilerde nöromusküler parametrelerde olumlu gelişmeler göstermesine rağmen; atletik performans üzerindeki etkileri incelemek için çok eklemlili NEMS çalışmalarına ve yeni eğitim teknolojilerine ihtiyaç bulunmaktadır (Kale, Kaçoğlu ve Gürol, 2011; Vanderthommen ve Duchateau, 2007). NEMS sonrasında değişen kas fonksiyonlarının kuvvet gelişiminde etkin olduğu ve bu artışın performans üzerinde olumlu etkiler sağladığı çalışmalarda gösterilmiştir. Kas performansındaki elde edilebilen bu artış antrenmanlarda taktiksel amaçla ya da müsabakalar öncesinde ısınma periyotlarında etkin bir yöntem olabilme potansiyeli oluşturmaktadır (Chiu ve ark., 2003).

1.1. Araştırmanın Amacı

Çalışmanın amacı; maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), sporcuların sıçrama performansına etkisinin belirlenmesidir.

1.2. Araştırmanın Önemi

Literatür incelendiğinde patlayıcılık içeren spor branşlarında ASP mekanizmasının akut etkisi nedeniyle oldukça fazla kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu çalışmaların birçoğunda sporcuya ön yüklemeler ağırlık kaldırma gibi sakatlık riski oluşturabilecek şekilde uygulanmaktadır. Lokal NEMS uygulama yöntemleri sporcularda ve sağlıklı kişilerde nöromusküler parametrelerde olumlu etkiler göstermesine rağmen; atletik performans üzerindeki etkilerini incelemek için fonksiyonel hareket paternlerinde NEMS çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Kramer ve ark., 1982; Porcari ve ark., 2002; Vanderthommen ve Duchateau, 2007; Komi, 2008; Kemmler ve ark., 2012; Kale ve ark., 2014). Çalışmamızda, NEMS kullanarak ASP etkisi açığa çıkarmak, elektriksel myostimülasyonun performans gelişiminde etkinliğini ve kullanılabilirliğini ortaya koymak hedeflenmiştir. Bu bağlamda alanda çalışan kuvvet

ve performans antrenörlerine güç gelişimi kapsamında destek olacağı düşünülmektedir.

1.3. Araştırmanın Problemi

Kısa süreli NEMS uygulaması (ASP etkisi) sporcuların dikey sıçrama performansını artırır mı?

1.4. Araştırmanın Alt Problemleri

EMS uygulaması sonrası ASP etkinin açığa çıkması dinlenme periyotları arasında farklılık göstermekte midir?

Kadın sporcuların EMS uygulaması sonrası ASP etkisini ortaya çıkarmada etkili midir?

Erkek sporcuların EMS uygulaması sonrası ASP etkisini ortaya çıkarmada etkili midir?

1.5. Araştırmanın Hipotezi

Araştırmanın H1 (kabul) hipotezleri aşağıda yer almaktadır:

-Hipotez (H1): Maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), sporcuların sıçrama performansını artırmada istatistiksel düzeyde anlamlı etkisi vardır.

Hipotez (H1): Maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), kadın sporcularda performansı geliştirmede istatistiksel düzeyde anlamlı etkisi vardır.

Hipotez (H1): Maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), erkek sporcularda performansı geliştirmede istatistiksel düzeyde anlamlı etkisi vardır.

Hipotez (H1): Maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), PAP etki açığa çıkarmada dinlenme periyotlarına göre istatistiksel düzeyde anlamlı etkisi vardır.

1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

- Çalışma, 18-30 yaşları arasında alt ekstremitte rahatsızlığı olmayan patlayıcı kuvvet gerektiren branşlarda en az 3 yıldır müsabık olan sporcular ile sınırlıdır.
- Çalışma uygulama sonrası alt ekstremitenin patlayıcılığı ile sınırlıdır.
- Çalışmada uygulanan ASP ön yükleme egzersizi EMS cihazının uyguladığı akım ile sınırlıdır.

1.7. Araştırmanın Sayıltıları

- Sporcuların maksimum sıçrama performanslarını gösterme hedefinde oldukları kabul edilmiştir.
- Kullanılan tüm ölçüm cihazlarının kalibrasyonu ve doğruluğu kabul edilmiştir.



2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde araştırma konusunu kapsayan literatürden elde edilen sıçrama, ASP etki, kuvvet ve elektrik stimülasyonuna (uyarım, akım) ait kuramsal bilgilere yer verilmiştir

2.1. Sıçrama

Sıçrama; alt ekstremitte kasları başta olmak üzere harekete katılan diğer kasların esnekliğine ve patlayıcı kuvvetine bağlı olarak ağırlık merkezi yer değişimine dayanan karmaşık hareketler dizinini içeren bir yetenektir (Şimşek, 2002). Kişi bu eylemi gerçekleştirirken güç aldığı zemine uyguladığı tepki kuvveti ile yatay, dikey ya da her ikisini de içerecek şekilde bir süre havada kalır ardından tekrar zemine inişini gerçekleştirir (Markovic ve ark., 2004). Sıçrama yüksekliğini veya mesafesini ölçmek için iki bacak ya da tek bacak ile yer itiş sonrası ölçümler alınmaktadır. Sıçrama; dikey, yatay ve derinlik olmak üzere 3 (üç) farklı grupta incelenmektedir (Castagna C, Castellini, 2013). Araştırmamızda NMES uygulanan kas grubunun hareket paternine uygun olarak dikey sıçrama ölçümleri alınmıştır.

2.2. Dikey Sıçrama

Zemine göre dikey düzlemde ağırlık merkezi yer değişimi ve yerden yukarı yönlü yükselme içeren sıçramalardır. Dikey sıçrama ölçüm testleri, özellikle sporcuların alt ekstremitte patlayıcı kuvvetini ve hızını ölçmek amaçlı kullanılır (Mason ve Cossor, 2000). Dikey sıçrama performansı; alt ekstremitte kas kuvveti ve kas kuvvetini etkileyen alt parametlerden, sporcunun nöromuskuler uyumu, lif tipi ve yoğunluğu, kasların esneklik kabiliyeti, enine kesit alanı ve koordinasyonu gibi özelliklerden etkilenmektedir (Akıllıoğlu, 2019; Serin, 2015). Günümüzde dikey sıçrama performansının ölçümü; yer reaksiyon kuvveti ölçüm matları, hız ölçüm sistemleri, temas matları gibi geçerli ve güvenilir birden fazla yöntem ve cihaz ile yapılabilmektedir. Sporcuların sıçrama performansının geliştirilmesine katkı

sağlayacak geri bildirim imkânı sağlayan bu ölçümler kullanılarak sporcularda performans artışına katkı sağlanmaktadır (Turgut ve ark., 2018).

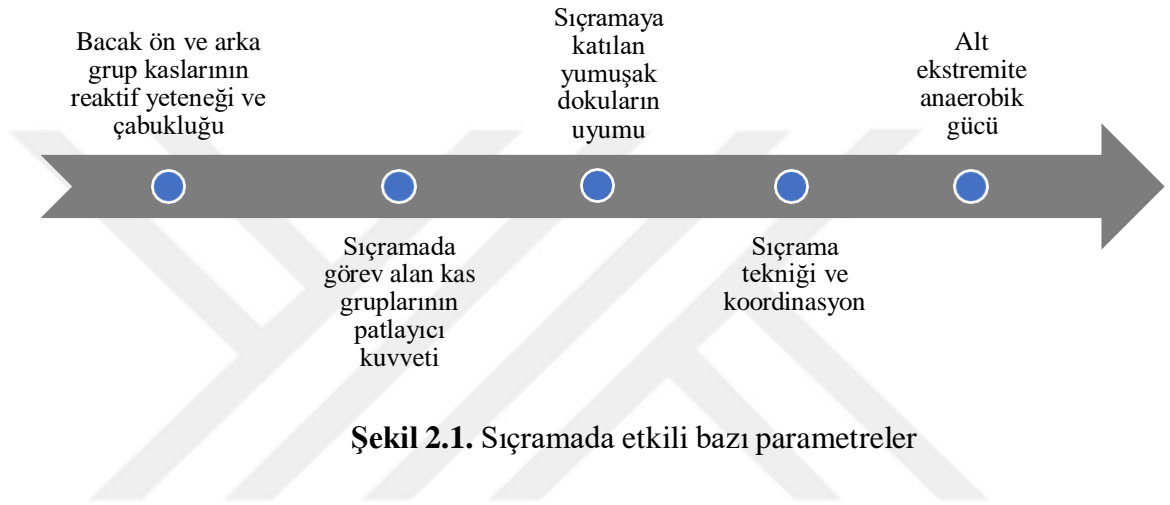
2.3. Sıçrama Hareketinin Anatomisi ve Biyomekaniği

Sıçramada, biartiküler (iki eklem kat eden) gastroknemius kasının ilk olarak ateşlenerek aktive olduğu, yapılan EMG çalışmalarında gösterilmiştir (Eum ve ark., 2015). Sıçramanın son fazı olan bitiş fazında oluşturulan kuvvet momenti dizin ekstansör kasları (quadriceps) ile diz eklemine doğru aktarılmaktadır. Sıçramanın itme fazında ise diz eklemi hızlı bir şekilde ekstansiyona gelirken, bu aşamada gastrokinemius kasının daha hızlı ateşlenmesi ve diz ekstansörlerine katkısını artırması sıçrama yüksekliğini pozitif yönde etkilediği ifade edilmektedir (Bobbert ve ark., 1986). Alt ekstremitenin zemine uyguladığı etki kuvveti ile yerden alınan tepki kuvvetinin sonucu öncelikle kor kasları, ardından kuadriseps ve hamstring kas grubu, gluteus maksimus, kalça addüktörleri ve ayak intirinsik kasları ateşlenir. Fasyal uyum ile gövdeden ekstremitelere doğru kuvvetin yayılımı gerçekleşir, harekete uygun zemin hazırlanır ve itiş fazına ardından yükselişe geçilir (Söğüt, 2019). Dikey yönlü sıçrama hareketi esnasında fleksör ve ekstansör kaslar hareketin yönünü belirleme ve başlatmada aktif rol alırken abdükör ve addükör grup kaslar hareketin düzgünlüğü ve ağırlık merkezi salınım kontrolünde daha baskın rol alırlar. Maksimum yükselişin ardından hız sıfırlanır ve sıçramanın iniş kısmı başlar. İniş esnasında aktiviteye bağlı olarak değişse de genel olarak kalça, diz ve ayak bileğinde fleksiyon hareketi görülür (Burnett, 2004).

Femur ön yüzeyinde bulunan m. rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis ve vastus intermedius'tan oluşan quadriceps kas grubu dizin en güçlü ekstansör kaslarıdır (Ulutaş, 2014). Bacağın arka alt kısmını oluşturan baldır üç yüzeyel; gastroknemius, soleus, plantaris ve ayrıca dört derin kastan; popliteus, fleksör hallucis longus, fleksör digitorum longus ve tibialis posteriordan oluşmaktadır. Gastrokinemius, plantaris kasları; dizin fleksiyonu ve soleus ile birlikte ayak bileğinin plantar fleksiyonunu yaptırırken, derin grup kaslar ise ayak parmaklarının fleksiyonunu, ayak ark desteğini ve ayağın içe dönüşünü (inversiyon) sağlarlar (Zajac ve Gordon, 1989; Fraser, Feger ve Hertel, 2016).

2.4. Sıçrama Hareketini Etkileyen Faktörler

Sıçramalar tek veya çift ayakla farklı eksen ve düzlemlerde farklı pozisyonlara uyum gösterilerek yapılan teknik bir harekettir. Sporun içinde yeri neredeyse olmazsa olmaz kabul edilen sıçrama, sportif performans için oldukça önemli görülmekte ve antrenmanların içeriğinde sıçrama kuvvetinin kazanımı önemli bir yer tutmaktadır. Sıçramada etkili olduğu görülen bazı parametreler aşağıda verilmiştir (Yeşil, 2011, Kayhan ve ark., 2021).



Şekil 2.1. Sıçramada etkili bazı parametreler

2.5. Kas Kasılma Mekanizması

İskelet kaslarını inerve (uyaran) eden sinirlere motor nöronlar denir. Bir motor nöron ve onun inerve ettiği tüm kas liflerinden oluşmuş yapı ise motor ünite olarak adlandırılmaktadır (Günay ve ark., 2001). Bir motor üniteye kas lifi sayısı kasın işlevine göre değişmektedir. Örneğin; ince motor hareketlerden sorumlu parmak kaslarındaki motor üniteler büyük ağırlık taşıyan kalça ve uyluk gibi kaslardan sorumlu motor ünitelerden daha az kaslı içerir (Edman, 1992).

İskelet kasının kontraksiyonu bir motor nöron ile kas lifi arasında sinaps oluşturan nöromusküler kavşakta başlar. Aksiyon potansiyelinin motor nörona yayılması, depolarizasyon ve presinaptik membranın voltaj kaplı kalsiyum (Ca^{+2}) kanallarının açılmasıyla sonlanır. Membran içine doğru Ca^{+2} akışı nöromusküler kavşakta asetilkolin (ACh) salınmasına neden olur. Kas lifinde bulunan postsinaptik zar aynı zamanda motor son nokta olarak adlandırılır. Asetilkolin motor son noktada bulunan nikotinik reseptörlere bağlanarak onu depolarize eder. Bu durum kas lifindeki aksiyon

potansiyellerini başlatır (Heiny ve Meissner, 2012). Uyarılma-kasılma mekanizması sırasında meydana gelen çapraz köprü döngüsü, kas kasılması oluşturmak için aktin ve miyozin filamentlerin birbiri üzerinden kaydığı mekanizmayı ifade etmektedir. Uyarılma - kasılma döngüsü her zaman ardışıktır ve zamansal bir ilişki sergilemektedir (Juan ve ark., 2014). Tek bir aksiyon potansiyeli sarkoplazmik retikulumdan Ca^{+2} salgılanmasına neden olarak seğirme olarak bilinen tek bir kas kasılması üretir. Eğer aktif olan kas gevşeyemeden tekrar uyarılırsa ikinci uyarıcının etkisi ilk uyarana ek bir etki yaratarak kasın kasılı kalmasına neden olur, bu sürekli kasılma olgusuna ise tetani denmektedir (Fitts, 2008).

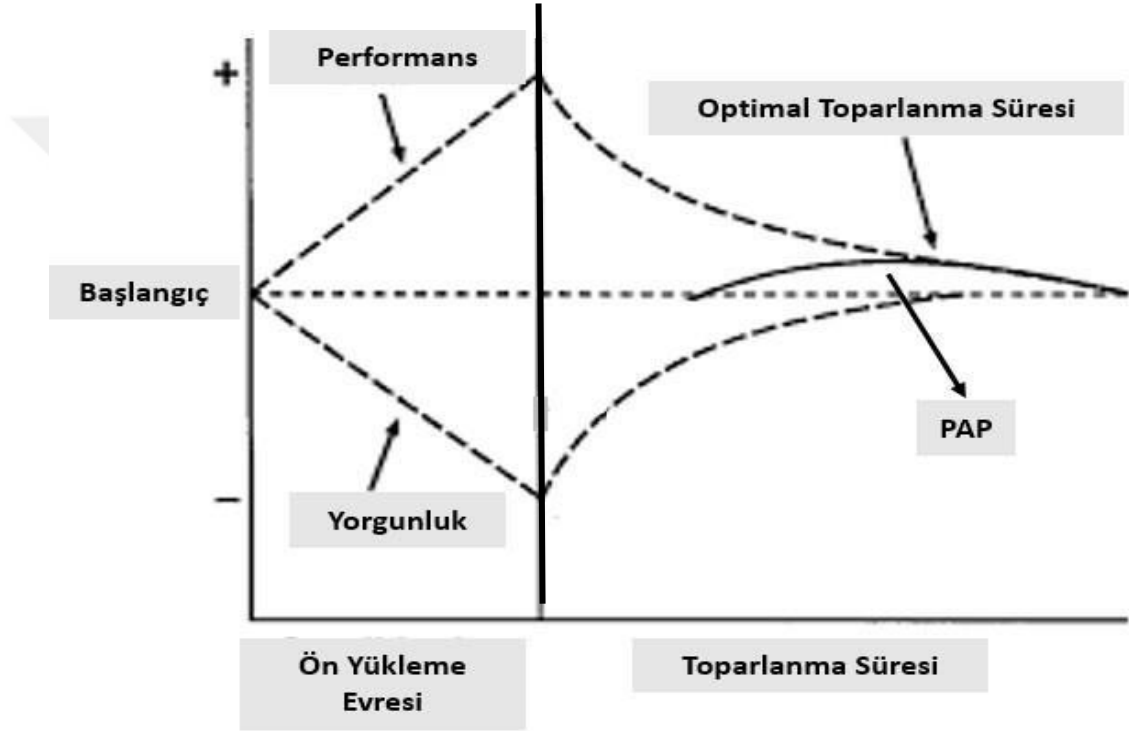
2.6. Kas Uzunluk-Gerilim İlişkisi

İskelet kasındaki uzunluk-gerim ilişkisi kas lifi uzunluğundaki değişikliklerin sonucu olarak çapraz köprü döngüsünden üretilen kas kuvvetini göstermektedir. Kastaki uzunluk-gerilim ilişkisi, kas lifi uzunluğundaki değişikliklerin bir sonucu olarak çapraz köprü döngüsünden üretilen gerilmeleri veya kuvvetleri gösterir. Kas gerilimi bir kasın dinlenme uzunluğunu değiştirerek belirlenir ve kaslar dinlenme halinde hafif izometrik kasılma halindedirler, bu durum pasif ön kasılmadır. Pasif gerilim ise kas uzunluğunun artmasından kaynaklanan gerilimi ifade eder. Ön yük arttıkça ve kasın boyu uzadıkça gerilim de artar (Tereda ve ark., 2015).

Aktif gerilim ise çapraz köprü döngüsü yoluyla oluşturulur ve şiddeti çapraz köprü sayısı ile orantılıdır. En yüksek aktif gerilim aktin ve miyozin arasındaki örtüşmenin optimum olduğu ve maksimum çapraz köprü sayısında ortaya çıkmaktadır. Kas uzunluğu arttığında aktif gerilim azalır çünkü aktin ve miyozin örtüşmesi azalacaktır, kas uzunluğu azaldığında ise aktif gerilim artmaktadır. Toplam gerilim, farklı ön yüklenmelerle oluşturulan kas kasılmasından kaynaklanan gerilimdir ve toplamda aktif ve pasif gerilim kadardır (Lieber ve Ward, 2011).

2.7. Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon (ASP)

Aktivasyon sonrası potansiyasyon (ASP, PAP) olarak adlandırılan akut güçlendirme yöntemi, belirlenen yüksek şiddetli bir kasılmadan sonra elektriksel uyarımda artan akut yanıt olarak tanımlanır (Vandervoort vd.,1983; Moore ve Stull, 1984; Sale,2002). Ön yükleme sonrası açığa çıktığı düşünülen ASP etki ile kas liflerinin kuvvet üretebilme hızı ve kuvvet açığa çıkarabilme yetisi üzerinde doğrudan ilişki olduğu varsayılmaktadır. (Hodgson ve ark.,2005).



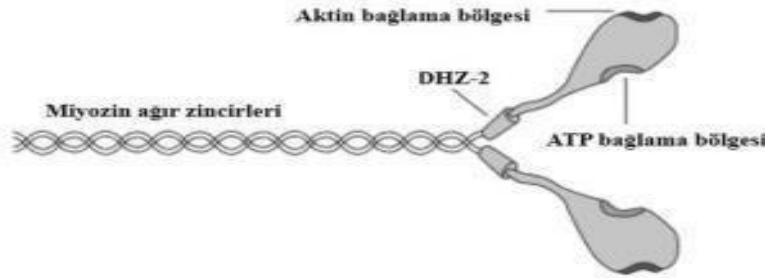
Şekil.2.2. Bir ön koşullandırma kasılma protokolü sonrasında ASP ve MSS yorgunluğu arasındaki varsayımsal ilişki modeli.

ASP; bir antrenman veya müsabakadan önce hareketin doğasına benzer biyomekanide uygulanan yüksek şiddette ön yükleme (koşullandırma ya da kondüsyon) aktivitesi sonrası iskelet kasından elde edilen güç çıktısının artışı olarak da ifade edilebilir (Poulos ve ark., 2018). ASP'nin yorgunluğun olumsuz etkilerini telafi ettiğini ve bu sayede performans artışını sağladığı düşünülmektedir. Fakat ön yük şiddeti ve türünün seçimi optimal düzeyde yükleme ile sağlanmalıdır yani ne kas kasılmasını olumsuz etkileyecek aşırı şiddette ne de uyarıyı oluşturamayacak kadar düşük şiddetlerde tercih edilmemelidir (Chatzopoulos ve ark., 2007; Ahmadabadi ve ark., 2015).

ASP etkisinin, istemli kas kasılması içeren dinamik ve statik yüklenmeler ile elde edildiğini gösteren çok sayıda kaynak olmasına rağmen (Gamberi ve ark., 2018; Hoyt ve ark., 2019; Beato ve ark., 2021), elektrik stimülasyonu (ES) kullanılarak maksimum ve maksimuma yakın kasılma veren akımlarla ortaya çıkarıldığını gösteren kaynaklar da mevcuttur (Koçoğlu ve Kale, 2016).

2.7.1. ASP'nin Altında Yatan Mekanizmalar

ASP' den ikisi kanıt düzeyi yüksek, ikisi de varsayımsal olmak üzere dört alt mekanizma sorumludur. Birinci mekanizma miyozin hafif zincirlerinin fosforilasyonu "Maksimum ya da maksimuma yakın şiddette ön yükleme ile ortaya çıkan kas aktivitesi sonrası aktin-miyozin moleküllerini sarkoplazmik retinakulumdan salınan Ca^{+2} a karşı daha duyarlı hale getirilmesi." kuvvet üretim hızını artırır. Ayrıca miyozin hafif zincir kinaz, aktin miyozin kompleksinde kullanılacak ATP'nin daha fazla temin edilmesini sağlayarak, ön yüklenme aktivitesi esnasında çapraz köprülerin oranının arttırır. Bu etki ise kuvvet üretebilme yeteneğini ve patlayıcı güç artışını sağlar (Pajerska ve ark., 2020; Sale, 2004; Hodgson ve ark., 2005).



Şekil 2.3. Aktin- Miyozin simgesel Gösterim

ASP'nin ikinci mekanizması, performanstan hemen önceki yüksek şiddetli kas aktivitesi içeren egzersizin ardından α -motonöronların uyarılabilirliğinin artması ve eşik seviyesi daha yüksek olan α -motonöronların sürece katılımı gibi nöral faktörlerdir (Tillin ve Bishop, 2009; Yetter ve Moir, 2008). Ön kondüsyonlama aktivitesi daha fazla motor nöron ateşlenmesi sağlayıp, hızlı kasılan liflerin (tip II) aktivasyonunu arttırırsa, bu durum teorik olarak patlayıcı kuvvet için hazır bulunuşluğu gösterir. ASP özelinde konuyu inceleyen bilim insanları ön kondüsyon aktivitesi ve motor nöron ateşlenmesi arasındaki ilişkiyi H-reflexi (Hoffmann Refleksi) yoluyla da göstermişlerdir (Gullich ve Schmidtbleicher, 1996; Hodgson ve ark., 2008). H-

refleksi, tendon refleksine yapısal benzerlik göstermesine rağmen alanda kullanımı tibial ve median sinir uyarımı ile gerçekleştirilmektedir. H-refleks; duyu sinir içindeki kas boyu değişimini ölçen Ia duyu liflerinin submaksimal elektriksel uyarımı ardından motor kastan alınan cevabın kullanıldığı monosinaptik bir reflektir. Periferik sinirin uzun süreli ve düşük şiddetli akım ile uyarımına cevap efektör kas üzerinden kaydedilir. Akım sonucu düşük genlikli ve gecikmiş uyarımlı (latanslı) motor yanıt yani H-refleks elde edilir. Uyarı şiddeti arttıkça H-refleksin genliği büyürken, şiddet artışı belli bir noktadan sonra motor aksonları da uyarılmaya başlar ve bu erken latanslı motor yanıtları da açığa çıkarır. Akım şiddeti yine de artırılırsa H-refleks giderek azalmaya başlar (Baslo, 2014; Knikou, 2008; Duclay ve Martin, 2005).

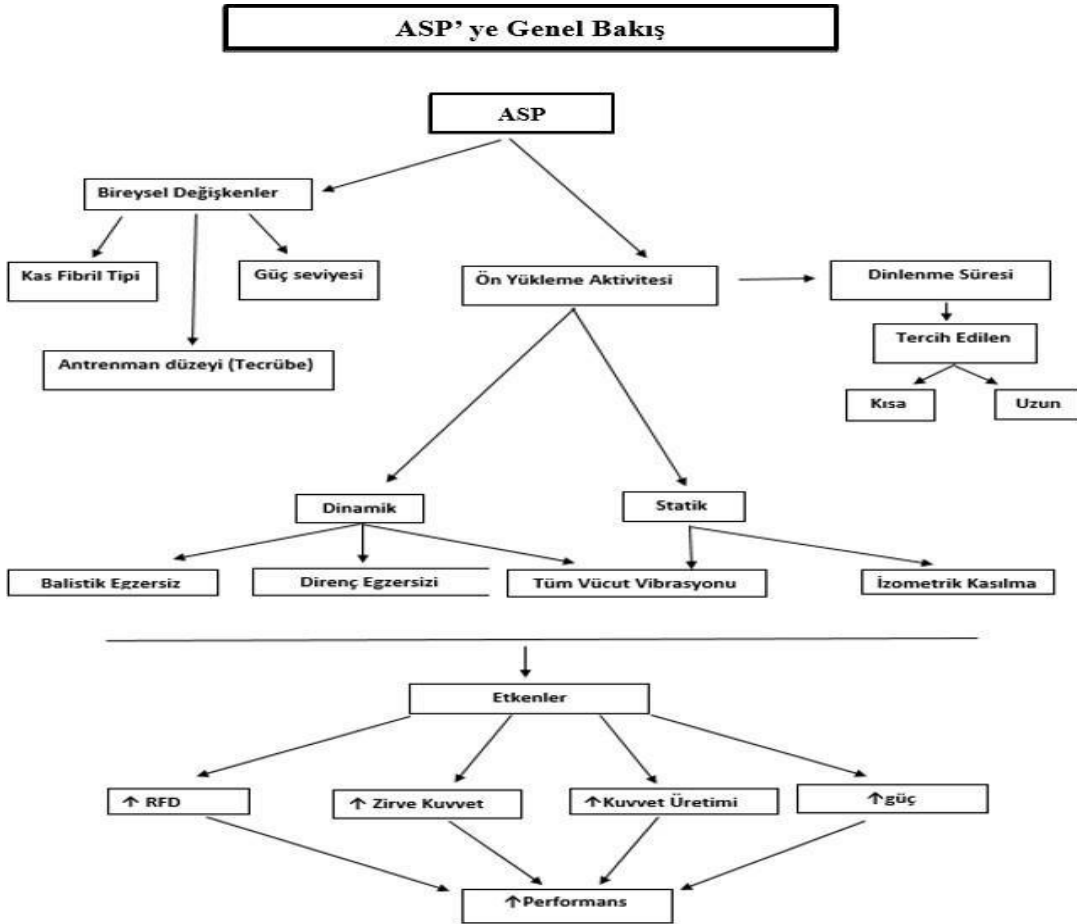
Üçüncü mekanizma ise, yapılan çalışmalar pennasyon açısının daha küçük olması, tendona olan kuvvet aktarımının mekanik olarak daha fazla olduğunu göstermektedir. Yüksek şiddetli yüklenme etkisi ile kas liflerinin pennasyon açılarında azalma meydana gelebileceği, sonucunda ise kastan tendona iletilen kuvvetin artması bunun da kuvvette ve güçte artış sağlayabileceği üzerinde durulmaktadır (Lima ve ark., 2009).

Son olası ASP mekanizmasını açıklayan hipotez ise, istirahat esnasında titinin aktine artan bağlanması ile fibrillerin dinlenme uzunluğunun kısaltılıp, kas sertliğinin artırılmasıdır (Herzog ve ark. 2016).

2.7.2. ASP'yi Etkileyen Faktörler

ASP etkisini açıklamak için yapılan çalışmalarda birden çok parametreye dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Doğru seçimler yapılmadığı takdirde hedeflenen sonuçların elde edilemeyeceği literatürde birden çok yayında gösterilmektedir (Tillin ve Bishop, 2009; Hall ve ark., 2016). Uygulamalar esnasında yorgunluk gibi güçlenmeyi olumsuz etkileyebilecek faktörler aşağıda detaylı şekilde anlatılmaktadır.

ASP etkisi oluşumunu sporcuya bağlı etmenler ve seçilen ön yüke bağlı etmenler olarak sınıflandırmak mümkündür. Sporcunun genetik yapısı ve kas mimarisi; yapılan çalışmalarda tip II kas lifi oranı daha fazla olan sporcularda ASP etkisini elde edebilme olasılığı daha yüksek gösterilmiştir. Yanısıra; sporcunun profesyonellik seviyesi, antrenman düzeyi ve sakatlık geçmişi de olası etki boyutunu belirlemede önemli sayılan faktörler arasındadır. Literatür seçilen ön yüke bağlı etmenleri; ön yük ya da tercih edilen güç hedefli egzersizin ölçümde kullanılan parametre ile biyomekanik benzerlikleri (Duthie ve ark., 2002; Chiu ve ark., 2003), egzersizin yoğunluğu (Ruben ve ark., 2010; Seitz ve ark., 2014), hacmi (Rahimi, 2007; Crewther ve ark., 2011) ve dinlenme süresi (Wilson ve ark., 2013) olarak ele almaktadır.



Şekil 2.4. ASP'ye Genel Bakış

Son dönemlerde teknolojik gelişmeler ve yeni yöntemlerin kullanılmaya başlanması ile elektrik akımı kullanılarak indüklenen kas kasılmalarının performans üzerindeki etkileri araştırılmaya başlanmıştır (Sale, 2002). Çalışmalar sınırlı sayıda olsa da hızlı istemli ve istemsiz maksimum kasılmalar ile ASP etkisi elde eden çalışmalar literatürde mevcuttur (French ve ark., 2003; Young ve Behm, 2003; Gilbert ve Lees,

2005). Fakat burada da araştırmacıların üzerinde durduğu noktalar elektrik akımının frekansı, süresi, atım sayısı ve kasa iletilebilen maksimum akım miktarı olmuştur. Araştırmacılar ön kondisyonlama akım frekansının düşük veya yüksek olmasına bunun da yeteri kadar indükleme gücünü oluşturamama ya da kasta yorgunluk oluşturabilme sonucu performansa olan etkisinin değişebileceğini söylemektedirler (Gossen ve Sale,2000; Binder- Macleod ve ark., 2002; Baudry ve Duchateau, 2007; Skurvydas ve ark., 2019).

2.8. Yorgunluk Fizyolojisi

Farklı bilim dallarınca tanımı değişebilen yorgunluk, spor bilimi çerçevesinde kasın kasılma kuvvetinin veya güç çıktısının azalması olarak ifade edilmektedir. Sporcular ise bu durumu genellikle kaslarını zayıflamış, yavaşlamış ve bazen de ağrılı hissettiklerini ifade ederek tanımlarlar. Yorgunluk sonucu sporcular beklenen ve istenen maksimum kuvvete ulaşamaz ya da performanslarını en üst seviyede devam ettiremezler (Sharon ve Denise, 2003; Billat, 2001; Olaru ve Öztürk, 1994). Yorgunluk, üzerinde çok sayıda çalışma yapılıp anlaşılmaya çalışılan bir konudur. Özellikle literatürde yorgunluğun periferal mi yoksa santral mi olduğu konusunda çalışmalar iki ayrıma odaklanırken bu farkı net ifade etmek zordur (Duchateu ve ark., 2006).

Periferal yorgunluğu literatür; kasın iç yapısında veya nöromüsküler kavşakta kimyasal salınım ardından meydana gelen maksimal kuvvet üretebilme kabiliyetinde azalma süreci olarak tanımlanırken, santral yorgunluğu; aktif motor nöronların ateşleme frekanslarının azalması sonucunda maksimal kuvvetin azalması şeklinde tanımlanmaktadır (Aslankeser, 2010).

Yüzeyel EMG ölçüm sonuçları incelendiğinde yorgunluk sürecinde maksimal istemli kasılma kuvvetinde azalma görölmektedir. EMG bulgusu sonucu santral sinir sisteminde motor kontrolün azalması ya da periferden elektriksel uyarımın düşmesi sonucu kastan alınan yetersiz aktivasyon potansiyeli ile kuvvetin azalması olarak düşünölebiliriz (Bigland ve ark., 1983; Allen ve ark., 2008). Büyük kas gruplarını içeren çok tekrarlı yüksek şiddetli egzersizler metabolik sistem, nöral sistem ve kas iskelet sistemini stres altında bırakmaktadırlar. Yüklenme süreci sonrası substratın

bitmesi (Dawson ve ark., 1997), hidrojen iyonlarının birikmesi (Stout ve ark., 2007) ya da kas miyofibriler mimarinin mekanisinin bozulması (Clarkson ve Hubal; 2002) gibi etmenlerle hızla yorgunluk gelişir ve kuvvet azalır.

Elektrik akımı kullanılarak elde edilen kas kasılmaları ile kuvvet ve güç üzerine çalışmalarda akım türü, süresi, frekansı, uygulanan kas yapısı gibi etmenler üzerinde henüz tam netlik sağlanamamıştır. İskelet kasının yüksek frekanslarla (>100 Hz) uyarılması T tübüllere uyarı geçişinin engellenmesine ve kas uyarılabilirliğinde azalmaya neden olur, kuvvet üretiminde aksama gerçekleşir fakat kısa süre içerisinde hızla toparlanma sağlanır (Bigland ve Ritchie, 1981; Westerblad ve ark., 1991).

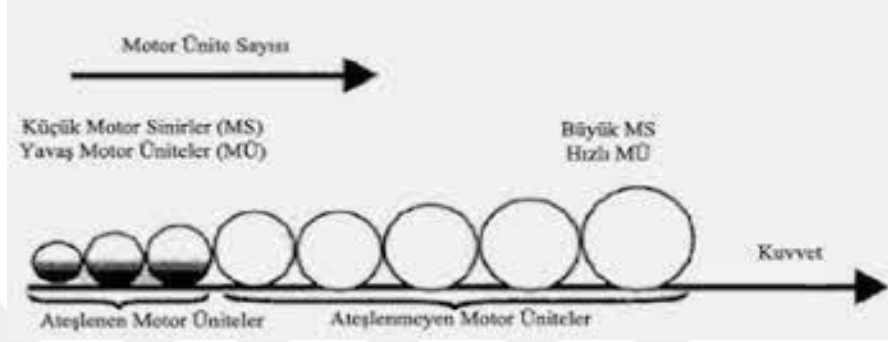
2.9. Elektromyostimülasyon (EMS)

Tarihçesi 18. yüzyıla Luigi Galvani'nin hayvan deneylerine kadar dayanan elektromyostimülasyon, Kots ve Chuilon'un 1970'li yıllarda kas kuvveti üzerine etkisini ispatlaması ile rehabilitasyon alanında ardından 1980'lerden sonra sportif performans alanında yaygınlaşmaya başlamıştır. EMS tanım olarak; elektriksel uyarıların kullanılarak kas kontraksiyonu ve kan dolaşımı artışı sağlayan yöntemdir. Uyarım epidermisten başlayarak derinin daha alt katmanlarına ardından çizgili kas motor nöronlarına ve akson dalların uyarımı ile kas kontraksiyonunun gerçekleştirilmesine kadar devam eder (Menéndez ve ark., 2016).

2.9.1. EMS'nin Fizyolojik Mekanizması

Deri üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla elektrik akımı sinirlere ve kaslara iletilmektedir. İletilen bu akımlar; motor nöron depolarizasyonu ile direkt olarak, afferent yolların depolarizasyonu ile de indirekt olarak aksiyon potansiyeli oluşturarak kaslarda istemsiz kasılmalara neden olmaktadır. Oluşturulan bu potansiyel motor son plağa ulaşana kadar ilerler ve kas lifine ulaşıncaya istemsiz kasılma meydana getirir (Peckham ve Knutson, 2005; Bergquist ve ark., 2011; Kemmler ve Stengel, 2012). İstemli kasılmalar yoluyla hızlı motor ünitelerin aktivasyonu zor olmakla birlikte, EMS uygulaması ile bu durum daha kolay hale gelmektedir (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006). İstemli kasılmalar sırasında normalde görülen motor ünite sayısındaki boyut prensibi (Şekil.2.5) EMS uygulamalarında farklılık göstermektedir (Henneman ve ark., 1965a; 1965b; Mendell, 2005). Boyut prensibinde istemli kas kasılması sırasında

motor ünite katılımındaki ilerleme; küçük ünitelerden (küçük çaplı, az sayıda, yavaş kasılan), daha büyük ünitelere (fazla sayıda, büyük çaplı, hızlı kasılan) doğru olmaktadır (Henneman ve ark., 1965a, 1965b ve Dudley ve Stevenson, 2008). EMS uygulamaları ile motor ünitelerin kasılmaya katılımında ise herhangi bir sıralama olmadığı ileri sürüldüğünden, aynı anda büyük motor ünitelerin de kasılmaya katılımının sağlanabildiği ifade edilmektedir (Gregory ve Bickel, 2005).



Şekil.2.5. Henneman'ın Boyut Prensibi (Zatsiorsky ve Kraemer, 2006)

EMS uygulamalarında motor ünite katılımını araştıran çalışmalar sonucunda farklı görüşler ileri sürülmektedir. Elektriksel uyarılarla gerçekleşen kasılmalarda ilk olarak hızlı motor ünitelerin aktive olduğunu savunan çalışmaların yanında (Delitto ve Snyder, 1990; Sinacore ve ark., 1990; Enoka, 2002; Paillard, 2008; Sheffler ve Chae, 2007; Trimble ve Enoka, 1991), bunun aksini savunan çalışmalarda bulunmaktadır (Knaflitz ve ark., 1990; Binder-Macleod ve ark., 1995; Thomas ve ark., 2002). Bazı çalışmalar herhangi bir seçicilik olmadan senkronize katılımı savunurken (Gregory ve Bickel, 2005; Jubeau ve ark., 2007; Maffiuletti, 2010 ve Seyri ve Maffiuletti, 2011), bazıları ise istemli kasılma ve elektrik ile uyarım sonucu oluşan kasılmalar arasında fark olmadığını savunmaktadır (Dudley ve Stevenson, 2008; Requena ve ark., 2005). Literatüre göre elektriksel uyarılarda akson direnci daha yüksek olan küçük motor ünitelere göre, akson direnci daha düşük olan büyük motor üniteler daha kolay depolarize olmaktadır (Bergquist ve ark., 2011; Peckham ve Knutson, 2005).

EMS uygulamalarının avantajlarının yanında dezavantajları da literatürde yerini almıştır. Sürekli elektriksel akımların optimal motor ünite aktivasyonunu kısıtladığı, sinerjist ve stabilizatör kas gruplarının uyarılmadığından kas içi koordinasyonu olumsuz etkilediği, bu nedenle kassal kuvvetin artmasında daha seçici şekilde gerçekleştirilen istemli kasılmaların EMS ye kıyasla daha etkin olduğu da

belirtilmektedir. (Requena ve ark., 2005; Seyri ve Maffioletti, 2011). Ayrıca EMS uygulamaları anaerobik glikolitik sistemden enerji sağladığından laktik asit birikimi ve hücre PH'nın düşmesine, düzenli aralıklarla oluşan aktivasyonlar ve motor ünitelerin senkronize sürekli katılımının da istemli kasılmaya kıyasla daha hızlı yorgunluk oluşmasına neden olabildiği bazı çalışmalarda ifade edilmektedir (Sheffler ve Chae, 2007; Papaiordanidou ve ark., 2010; Kemmler ve ark., 2012).

2.9.2. EMS Frekansı ve Dinlenme Süresi

EMS uygulamalarında bir ön yükleme protokolünde kas yorgunluğu ve güç parametresi bir arada bulunur; ancak güç çıkışı ve performans artışı, bu iki faktör arasında oluşan yorgunluk aleyhinde ki dengeye bağlıdır (Wilson ve ark., 2013). Literatür incelendiğinde 5 saniyeden 24 dakikaya kadar çok farklı dinlenme sürelerine rastlanmaktadır (Jones ve Lees, 2003; Bevan ve ark., 2009). Şiddetli ön yükleme sonrası 10 ve 15 saniyelik kısa süreli dinlenmenin güç çıktısı üzerinde azalmaya neden olarak sonraki performansa olumsuz etkileyebildiği belirtilmektedir (Jensen ve Ebben, 2003; Bevan ve ark., 2009). ASP üzerinde önemli etkisi olduğu düşünülen dinlenme periyotları, seçilen ön yükleme egzersizinin yüksek veya hafif şiddetli olması ve sporcu performans düzeyine göre belirlenmelidir.

Literatür incelendiğinde ASP etkisi açığa çıkarabilmek için seçilen ön yükleme egzersizlerinin çoğunluğunda sebest ya da sabit ağırlıkların kullanıldığı görülmektedir. Güncel çalışmalarda EMS uygulamalarının da etki mekanizmaları kullanılarak alana katkı yapmaya başladığı görülmektedir. Kullanılan elektrik akımları ile ASP üzerinde etkin olan Tip 2 liflerinin ateşlenmesini sağlamak hedeflenmektedir. ASP etkisi açığa çıkarmak için farklı akım (uyarım) frekansları ve dinlenme süresi varyasyonları mevcuttur (Hainaut ve Duchateau, 1992; Baudry ve Duchateau, 2007; Yağcı ve Pelvan, 2019). Uygulanan akım frekansları tarandığında; 70 Hz (Souza ve ark., 2021); 50 Hz (Nakanishi ve ark., 2020); 120 Hz (Yağcı ve Pelvan, 2019); 30-100 Hz (Kaçoğlu ve Kale, 2016); 50-120 Hz (Malatesta ve ark., 2003); 5 Hz (Grange ve ark., 1995) gibi farklı frekansların kullanıldığı görülmektedir. Bazı araştırmacılar 30–35 Hz'lik atım frekansının, kaslardaki motor ünitelerin normal deşarj hızına benzer olduğunu, daha düşük frekansların kas kuvvetini artırmadığını, daha yüksek frekansların ise yorgunluktan kaynaklandığı düşünülen kuvvet üretim hızında düşüşe neden olduğunu söylemektedirler (Doucet ve ark., 2012).

2.9.3. Elektromyostimülasyonun (EMS) Performans Gelişimine Etkisi

Sporda performansın en üst seviyelere çıkarılması için EMS destekli kuvvet antrenmanlarının kullanımı giderek artmaktadır. Birçok spor branşında sporcunun performansı kuvvet parametreleri ile doğru orantılıdır (Bayraktaroğlu, 2018). Bu sebeple sporcularda kuvvet ve gücü en üst düzeylere ulaştırıp sezon içinde de bulunduğu yeri korumak hedeflenir.

EMS ya da NMES (Nöromusküler Elektriksel Kas Stimulasyonu); kasa veya periferik sinirlere uygulanan elektrik akımları ile istemsiz kasılmalar oluşturarak kas fibrillerine ve kapillerine etki eder. Bu sayede atrofiyi engellediği gibi performans artışı içinde alanda kullanılabilir (Emilio ve ark., 2012, Külcü ve ark., 2008). NMES uygulamasının önemli bir etkisi; çoğu istemli kasılmadan farklı olarak yavaş motor ünitelerin yanında hızlı motor üniteleri de ateşleyebilmesidir (Maffiuletti, 2010).

Devrimsel ve arkadaşları (2019), 10 sn 50 Hz frekanslı akımın ardından 30 sn dinlenme döngüsü şeklinde 20 dakika boyunca kuadriseps femoris kasına EMS uygulamasının kas mimarisinde anlamlı gelişmelere neden olduğunu bunun da kas performansında artış sağladığını söylemişlerdir.

Pinildi ve arkadaşları (2018) ise kas kuvvetini artırmada hangi frekansın daha etkili olduğunu araştırdıkları çalışmalarında düşük ve orta frekanslı iki farklı akımı karşılaştırmışlar, orta frekanslı akım toleransının daha kolay ve kas kuvvet artışında daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Literatürde EMS uygulamasının tek başına performans artışını sağlamadığını aksine olumsuz etkileri olabileceğini söyleyen bazı çalışmalar da mevcuttur. Herrero ve ark. (2006), diz ekstansör kaslarına yönelik EMS uygulaması ve kombine (EMS ile pliometrik antrenman) egzersizin sıçrama ve sprint üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında 120 Hz bifazik simetrik kare dalga sinyali ile sporcu tolerasyonu ölçüsünde akım uygulamışlardır. Sonuç olarak; kombine egzersizin, fiziksel olarak aktif erkeklerde sıçrama yüksekliğini ve sprint hızını arttırırken, tek başına EMS veya kombine egzersizin, maksimum gücün artışına ve bir miktar kas hipertrofisine yol açtığını söylemişler. Bununla birlikte, tek başına EMS eğitiminin, sıçramada aktif olan patlayıcı kuvvet gelişiminde herhangi bir gelişme ile sonuçlanmadığını hatta sprint koşusunu da olumsuz etkilediğini ifade etmişlerdir.

Alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde, hangi akımın daha etkileri olduğu konusunda bir fikir birliğine varılamadığı, ancak kas kuvvetlendirme ve performans geliştirmede yardımcı yöntem olarak kullanılan EMS'nin istenen etkiyi açığa çıkarmada anahtar rol alacağı dşunlmektedir.

2.10. Kuvvet Kavramı

Kuvvetin genel tanımı; dış veya i etmenler tarafından bir dirence maruz kalan kasların kasılarak dirence karşı koymasđ, yenmesi veya dirence belli bir süre dayanabilme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Spor ve sporcu özeline ise; yapılacak herhangi bir fiziksel etkinlik için anatomik, fizyolojik, psikolojik ve biyokimyasal değişimler ile etkiye tepki vermesi veya karşı koymasđ olarak ifade edilebilir (Bompa, 2003).

2.10.1. Kuvveti Etkileyen Faktörler

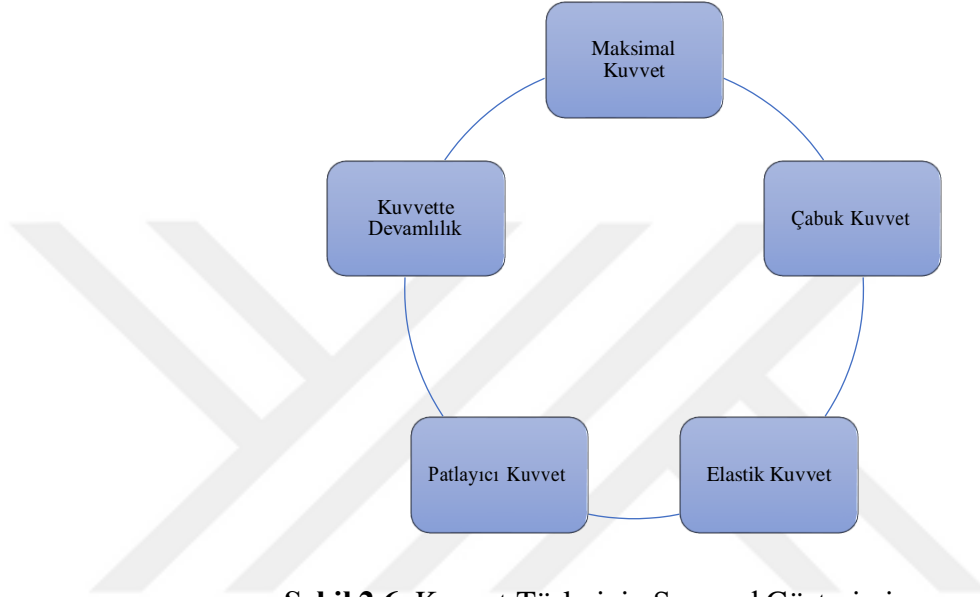
Kas kuvveti çok etmenli bir yapıya sahip olduğundan kuvveti açığa çıkarmanın birden fazla etkileyeni vardır. Kas kuvvetini etkileyen başlıca faktörler yorgunluk, cinsiyet, toparlanma için verilen süre, yaş, kas ve ortam ısısı, sinir uyarım düzeyi, vücut yağ miktarı/oranı, cinsiyet, fizyolojik ve psikolojik faktörler, teknik beceri ve mekanik etkenler olarak sayılabilmektedir. Bu faktörlerin; fizyolojik, koordinatif, morfolojik ve psikodinamik etmenler olarak ele alınması gerektiğini de bazı yazarlar vurgulamışlardır (Günay ve Cicioğlu, 2001; Atılan, 2010; Saygı, 2010).

Kasın daha fazla kuvvet açığa çıkarabilmesi büyük motor ünitelerin ateşlenmesine, gerilme kısılma döngüsü olarak adlandırılan (GKD, Stretch Shortening Cycle- SSC) eksantrik ve konsantrik kasılmanın birlikte katkısına, kas fibril tipine ve kas hipertrofisine bağlıdır. Kuvvet antrenmanlarının erken evrelerinde kuvvet gelişimi nörolojik faktörlerin etkisindeyken, uzun dönem antrenman periyotlarında ise daha çok morfolojik faktörlerden etkilenmektedir (Bompa ve Haff, 2009, s 266). Özetle; kuvvet gelişimi sedanter bireylere, amatör ya da elit sporcuya ve antrenman düzeyine göre değişmektedir. Antrenmanın ilk evreleri kuvvet gelişim oranı hızlı olurken bu faktör elit sporcuda, kişisel maksimal son kuvvetine yaklaşmış kişilerde oransal olarak azalmaktadır (Akarsu, 2008, s.29). Kuvvet; sportif performansın artışı, müsabakalarda uygun teknik becerinin uygulanabilmesi ve rakip içeren temaslı spor branşlarında

sporcuların daha hızlı, çabuk ve dayanıklı olmasını sağlayarak başarıyı etkileyebilmektedir.

2.10.2. Kuvvetin Sınıflandırılması

Kuvvet türleri maksimal, çabuk, kuvvette devamlılık, elastik ve patlayıcı kuvvet olmak üzere toplam 5 başlıkta incelenebilmektedir.



Şekil 2.6. Kuvvet Türlerinin Şemasal Gösterimi

İstemli kas kasılması yaparak üretilen en yüksek kuvvet, maksimal kuvveti ifade eder. Çok kısa sürede bir dirence karşı kasılma ve hareketi tamamlama çabuk kuvvettir. Kasın fibril boyunun yük altında veya yer çekimi etkisiyle uzarken kasılmaya devam etmesinin (eksantrik kasılma) hemen ardından fibril boyunun kısalarak kasılması (konsantrik kasılma) ile depolanmış enerjiyi kuvvete aktarmasına ise elastik kuvvet denilmektedir (Baltacı ve Düzgün, 2008). Kuvvette devamlılık; kuvvetin uzun süreli kullanımının gerektiği durumlarda erken yorulmaya neden olmadan direnç gösterebilmesi yeteneğidir (Sevim, 2002). Patlayıcı kuvvet; yapılmak istenen iş için en kısa sürede, maksimum kuvvet düzeyine çıkabilme yeteneğini ifade eder. Özet olarak çok kısa süre içerisinde kasılan kasın yüksek miktarda kuvvet üretebilmesi yeteneğidir (Cihan, 2002).

2.11. Motor Ünite ve Nöral Adaptasyon

Çizgili kasların motor nöronları ve bu nöronların innerve ettiği kas fibrillerin oluşturduğu birime motor ünite denmektedir. Egzersiz, antrenman gibi mekanik ve fizyolojik stresler sonucunda omurilikte bulunan motor nöronlar arasında artan sinaptik bağlantılar, motor ünitelerin uyumu, daha büyük motor ünitelerin ateşlenmesi ve diğer adaptasyonlar ile kuvvet üretebilme yeteneğinin artışı görülmektedir (Yavuz, 2011). Bir kas veya kas grubunda aktive olan motor ünite sayısı da motor ünite ve uyarın frekansının büyüklüğü, tipi gibi kuvvet artışını etkileyen etmenlerin başında gelir. Vücumumuzda sayısı 250.000.000 civarı olan kas lifine rağmen 420.000 civarı motor ünite mevcuttur. Bu durum bir motor ünitenin büyüklüğüne göre ünite başına 10'dan az ya da 200'den fazla kas lifi bulundurabilir olmasından kaynaklıdır (Sönmez T, 2002; Emre ve ark., 2011). Motor ünitelerin aksonlu ve kalın olması daha fazla kas lifini, hızlı şekilde inerve edebilmesine, ince aksonlu motor ünitelere göre kuvvet oluşumunda daha etkin olmasını sağlamaktadır (McArdle ve ark., 2010). Bir diğer kuvvet artışı sağlayan nöral adaptasyon ise golgi tendon organının otojenik inhibisyon impulsunu azaltarak agonist-antagonist kas gruplarının uyumlu kontraksiyonu ve daha fazla kas kontraksiyonuna izin vermesi olarak düşünülmektedir (Kraemer ve Hakkinen, 2006; Jones ve ark., 2007).

3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Araştırmaya en az 3 yıldır aktif spora devam eden, patlayıcı kuvvet baskın spor dalları olan eskrim (n:7), voleybol (n:10), badminton (n:6) ve basketbol (n:9) branşlarından toplam 32 sporcu katılmıştır. Çalışma toplam 36 gönüllü katılımcı ile başlamış fakat Covid-19 pandemi süreci, sporcu sakatlıkları ve ikinci ölçümlere katılım gerçekleşmemesi nedeniyle 32 katılımcıyla tamamlanmıştır. Çalışmamızın ölçümleri Sporcu Sağlığı Performansı ve Hizmet Kalite Standartları Daire Başkanlığı Performans Ölçme ve Değerlendirme Birimi Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmanın başlatılabilmesi için Lokman Hekim Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Kod no: 2021141).

Katılımcıların; aktif yarışma yaş aralığından oluşan 18-30 yaş aralığında olması, herhangi bir kronik ekstremitte sakatlığı olmaması, performansını olumsuz etkileyebilecek sürekli ilaç kullanmaması ölçüm katılım kriteri olarak belirlenmiştir.

Katılımcıların çalışmamıza gönüllü katılım gösterdiklerine dair "Aydınlatılmış Onam Formu" ve "Katılımcı Beyanı" testlerden önce imzalatılmıştır (Ek-1, Ek-2).

Çalışmamızın içeriği hakkında genel bilgiler, katılım göstermeyi kabul eden tüm sporculara anlatılmıştır, uygulanacak test hakkında bilgiler verilmiştir. Ölçümlerden bir gün önce katılım gösterecek sporcuların müsabakalarının olmaması dikkate alınmıştır. Ayrıca alkol, kafein, medikal ilaçlar gibi herhangi bir uyarıcı madde tüketmemeleri istenmiştir.

3.2. Veri Toplama Araçları

Veri toplama araçları olarak; boy uzunluk ölçümü için Seca-217 marka stadiometre, vücut ağırlığı ve vücut kompozisyon ölçümü için Tanita MC-980 cihazı, dikey sıçrama performansı ölçümü için Microgate optojump® (Microgate, Bolzano, Italy) cihazı ve

kasa uyarım vermesi için COMPEX SP 8.0 model EMS cihazı kullanılmıştır. Bu cihazların özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1. Boy Uzunluk Ölçüm Cihazı

Sporcuların boy uzunluk ölçümleri 1 mm hassasiyeti olan Stadiometre (Seca-217) cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Stadiometre (Seca-217) cihazı

3.2.2. Vücut Ağırlığı ve Vücut Kompozisyon Ölçüm Cihazı

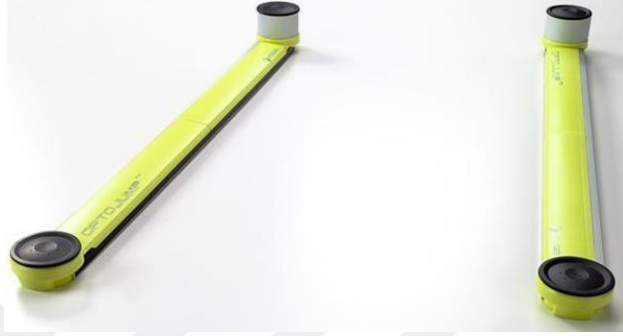
Sporcuların vücut ağırlığı ve vücut kompozisyon ölçümü için ± 0.1 kg hassasiyet ile 1000kHz de ölçüm yapabilen biyoelektrik empedans ölçüm cihazı (MC-980, Tanita Corp, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Tanita MC-980 Vücut Ağırlığı Ölçüm Aleti

3.2.3. Dikey Sıçrama Yüksekliği Ölçüm Cihazı

Sporcuların dikey sıçrama yüksekliklerinin ölçümünde; harekete duyarlı iki adet paralel yerleşimli bar bulunduran OptoJump sistemi ve yazılımı (Microgate, Bolzano, İtalya) kullanılmıştır. Cihaz, yerle ayak temasının kesilip tekrar ayağın yere değmesi arasındaki süreyi baz alarak sıçrama yüksekliğini ve güç çıktısını verebilen bilgisayar bağlantılı yazılıma sahiptir.



Şekil 3.3. OptoJump Dikey Sıçrama Test Ölçüm Aleti

3.2.4. EMS Akım Uygulama Cihazı

EMS uygulaması için 4 kanallı wireless ile kontrol edilebilen programlanabilir ve şiddeti ayarlanabilir NEMS cihazı (Compex SP 8.0, İsviçre) ile 5x5 cm ebatlarında yapışkan elektroterapi pedleri kullanılarak potansiyel koşullanma ve plasebo akım uygulanmıştır.



Şekil 3.4. EMS Akım Uygulama Cihazı

3.3. Verilerin Toplanması

Katılımcılar (eskim (n:7), voleybol (n:10), badminton (n:6) ve basketbol (n:9) branşlarından toplam 32 gönüllü sporcu) iki ayrı günde iki ayrı EMS akım uygulamasına tabi tutulmuşlardır. Tüm sporcular testler hakkında uygulama öncesi bilgilendirilmiş ve ölçümler esnasında maksimal performanslarına ulaşabilmeleri için sözlü olarak motive edilmişlerdir. Her sporcu ilk ölçümlerinin ardından en az 48 saat dinlendirilmiş ve ardından ikinci uygulama gerçekleştirilmiştir.

3.3.1. Isınma Protokolü

Sporcular Wingate marka bisiklet ergometresi ile; 50-60 devir/dk'ya denk gelecek şekilde rahat bir çevirme hızı ile 5 dk ısınma süreci ardından 5 dk da kendi ısınma rutinlerini yapmışlardır. Rutin ısınmalar esnasında hamstring, kuadriseps ve calf kas gruplarına dinamik germe izni verilmiştir. Statik germe ve patlayıcı güç ile yorgunluk oluşturabilecek aktiviteler yapılmaması gerektiği bildirilmiştir.

3.3.2. Boy Uzunluk Ölçümü

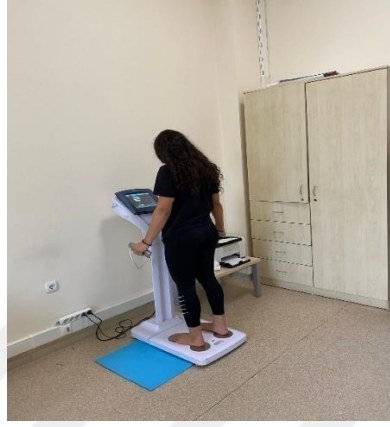
Sporculara anatomik duruş pozisyonu gösterilip ayakkabısız olarak stadiometre üzerine çıkarak başlarını dik tutmaları ve normal bir nefes alarak 3-5 sn beklemeleri söylenmiştir. Topukların yere temas eden kısmı ile kafanın en üst bölümüne kadar olan kısım ölçülerek bulunan değer santimetre (cm) cinsinden boy uzunlukları olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.5. Boy Uzunluğu Ölçümü

3.3.3. Vücut Ağırlığı ve Vücut Kompozisyon Ölçümü

Sporcuların vücut ağırlıkları ve vücut yağ yüzdesi değerleri üzerlerinde metal aksam olmayacak şekilde biyoelektrik empedans cihazı (MC-980, Tanita Corp, Tokyo, Japonya) ile ölçülüp kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. Vücut Ağırlığı Ölçümü ve Kompozisyon Ölçümü

3.3.4. Dikey Sıçrama Test Ölçümü

Sporcular ısınmaları sonrası OptoJump cihazında (Microgate, Bolzano, İtalya) hareketi öğrenmeleri için 1'er tekrarlı eller serbest aktif sıçrama gerçekleştirmiştir. Ardından potansiyasyon oluşturması hedeflenen elektriksel uyarım öncesi bir maksimum serbest sıçrama yapmaları istenmiş ve ölçüm sonucu kaydedilmiştir.



Şekil 3.7. Dikey Sıçrama Test Ölçümü

3.3.5. EMS Akım Uygulaması

Sporcuların ilk maksimum sıçramaları alındıktan sonra COMPEX SP 8.0 model NMES cihazı ile dizler ve kalça 90 derece olacak şekilde oturma pozisyonunda her iki kuadriçeps ve gastrokinemius kaslarına 5x5 cm ebatlarında yapışkan elektroterapi pedleri kullanılarak akımlar uygulanmıştır.

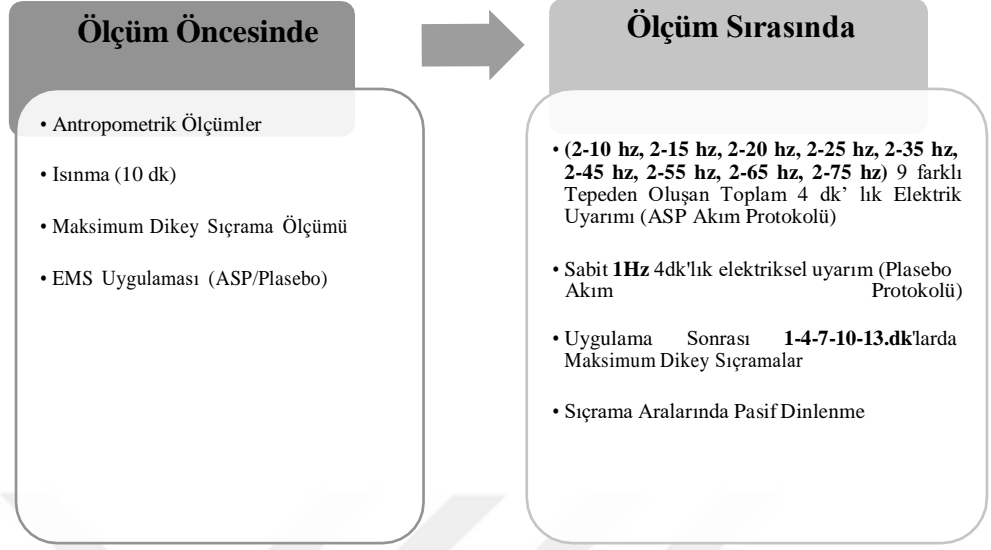


Şekil 3.8. EMS Akım Uygulaması

Potansiyasyon akımı; ısınma/kasılma/aktif dinlenme/son iyileşme fazlarını içermektedir. Isınma, aktif dinlenme ve son iyileşme fazları 1 hz, kasılma fazı ise 9 tepe noktası içeren (1. tepe: 2-10 hz, 2. tepe:2-15 hz, 3. tepe:2-20 hz, 4. tepe: 2-25 hz, 5. tepe: 2-35 hz, 6. tepe: 2-45 hz, 7. tepe: 2-55 hz, 8. tepe: 2-65 hz, 9. tepe: 2-75 hz) toplam 4 dk' lık elektriksel uyarımdan oluşmaktadır.

Sporculara plasebo için 1 hz sabit akım, potansiyel koşullanma akımı gibi 4 dk uygulanmıştır. İki akım türünden hangisinin kullanılacağı randomize şekilde seçilerek farklı günlerde uygulanmıştır. EMS uygulaması sonrasında 1-4-7-10-13. dk larda 1'er maksimum serbest sıçrama daha yaptırılıp ölçüm sonuçları kaydedilmiştir.

Test Uygulama Tasarımı



Şekil.3.9. Test Uygulama Tasarımı

3.4. Verilerin Analizi

Tanımlayıcı istatistik yöntemleri ile ortalama ve standart sapma değerleri hesaplandıktan sonra tüm değişkenlerin normal dağılıma uyumları Shapiro-Wilk Testi, küresellik varsayımına uyumu Mauchly's Testi ile kontrol edilmiştir. Küresellik varsayımı yerine gelmeyen değişkenlerde serbestlik derecesi için Epsilon (ϵ) < 0.75 ise Greenhouse-Geisser, $\epsilon > 0.75$ ise Huynh-Feldt düzeltmesi uygulanmıştır (Winter ve ark., 2001). Kadın ve erkek katılımcıların vücut kompozisyonu analizleri ve dikey sıçrama test sonuçlarına ait farklar bağımsız gruplarda t-testi ile belirlenmiş ve t-testindeki etki boyutu için Cohen's d istatistiği kullanılmıştır. Cohen's d ≤ 0.2 ise önemsiz, ≤ 0.6 ise küçük, ≤ 1.2 ise orta, ≤ 2.0 ise büyük, ≤ 4.0 ise çok büyük, > 4.0 ise mükemmel yakın bir etki boyutu olarak değerlendirilmiştir (Hopkins ve ark., 2009). Cinsiyet ve yöntemle göre performans değişkenleri arasındaki farklar ise 2 x 2 (cinsiyet x yöntem) Karışık Desen ANOVA ile test edilmiştir. Ayrıca her bir yöntem cinsiyetler içerisinde de karışık desen ANOVA ile test edilmiş ve farkın varlığı araştırılmıştır. Deneme etkisinin boyutu için, kısmi eta kare (η^2) hesaplanmıştır ($\eta^2 \leq 0,01$ küçük etki, $\eta^2 \leq 0,06$ orta etki ve $\eta^2 \leq 0,14$ büyük etki) (Lakens, 2013). İstatistiksel işlemler istatistik paket programında (SPSS 25, ABD) yapılmış olup uygulanan tüm istatistiksel işlemlerde $p=0.05$ yanılma düzeyi kullanılmıştır.



4. BULGULAR

Çalışmamız, maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli EMS uygulamasının (ASP etkisi), sporcuların sıçrama performansına etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Takım ve bireysel branşlar da müsabık toplam 32 (kadın;14, erkek;18) sporcunun katılımı ile sporculara rastgele sırayla ASP etki açığa çıkarabileceği düşünülen potansiyel elektrik akım ve plasebo elektrik akım ayrı günlerde uygulanmış, ardından belirli dakikalarda sıçrama testleri alınmıştır. Bu doğrultuda çalışmada elde edilen bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Tanımlayıcı Bulgular

Kadın ve erkek sporcuların yaş, boy uzunluğu, vücut yağ yüzdesi ve antrenman yaşları verilerine ait ortalama ve standart sapma değerleri ve t-testi bulguları Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Kadın ve Erkek Sporcuların Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişkenler	Kadın (n=14)		Erkek (n=18)		t	p	EB
	Ort.	Ss.	Ort.	Ss.			
Vücut Ağırlığı(kg)	64,35	7,21	84,06	10,46	6,01	0,128	-2.19
Boy Uzunluğu (cm)	175,36	4,65	187,94	7,99	5	0,085	-1.92
Yağ (%)	21,13	3,72	17	5,1	-2,54	0,065	0.93
AntrenmanYaşı (yıl)	8,14	2,07	8	2,59	-0,169	0,74	0.06
Yaş (yıl)	22,86	3,53	22,74	3,28	-0,103	0,952	0.03

Ort: Ortalama, Ss: standart sapma, EB: Etki Boyutu

Tablo 4.1.'de kadın ve erkek katılımcıların sırasıyla vücut ağırlığı ($t(30)= 6,01$; $p=0,128$), boy uzunluğu ($t(30)= 5,23$; $p=0,085$), yağ yüzdesi ($t(30) = -2,54$; $p=0,065$), antrenman yaşlarının ($t(30)=-0,169$; $p=0,74$) ve yaşlarının ($t(30)= -0,103$; $p=0,952$) benzer olduğu görülmektedir.

4.2. Kadın ve Erkek Sporcuların ASP Akımı Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular

Tablo 4.2. Kadın ve erkek sporcularda NMES cihazı ile uygulanan ASP akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları

ASP	F	p	Kısmi η^2
Sıçrama	1,656	,174	,052
Cinsiyet	42,832	,000	,588
Sıçrama x Cinsiyet	,887	,462	,029

Kadın ve erkek sporcularda NMES'in ASP akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki 5 farklı sıçrama değerleri cinsiyetlerine göre farklılık göstermemektedir ($F=,887$, $p>0,05$). Bu bulguya göre kadın ve erkeklerde NMES'in ASP akım protokolünün sıçramalar üzerinde benzer etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Altı farklı sıçrama değerleri incelendiğinde uygulanan akım protokolünün ASP etki (performans artışı) açığa çıkaramadığı görülmektedir. Ancak bütün akımlar genel olarak incelendiğinde cinsiyetler arasında sıçrama yükseklik değerleri arasında akımlardan bağımsız olarak farklılık belirlenmiştir ($F=42,832$, $p<0,05$).

4.3. Kadın ve Erkek Sporcuların Plasebo Akımı Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular

Tablo 4.3. Kadın ve erkek sporcularda NMES cihazı ile uygulanan plasebo akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları

Pleasebo	F	P	Kısmi η^2
Sıçrama	1,087	,370	,035
Cinsiyet	40,673	,000	,576
Sıçrama x Cinsiyet	,516	,764	,017

Kadın ve erkek sporcularda NMES ile plasebo akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki 5 farklı sıçrama değerleri cinsiyetlerine göre farklılık göstermemektedir ($F=1,087$, $p>0,05$). Bu bulguya göre kadın ve erkeklerde plasebo akım protokolünün sıçramalar üzerinde benzer etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Altı farklı sıçrama değerleri incelendiğinde uygulanan plasebo akım protokolünün ASP etki (performans artışı) açığa çıkaramadığı görülmektedir. Ancak bütün akımlar genel olarak incelendiğinde cinsiyetler arasında sıçrama yükseklik değerleri arasında akımlardan bağımsız olarak farklılık belirlenmiştir ($F=40,673$, $p<0,05$).

4.4. Erkek Katılımcıların İki Farklı Akım Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular

Tablo 4.4. Erkek sporcularda NMES cihazı ile uygulanan ASP ve plasebo akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları

Cinsiyet	F	P	Kısmi η^2
Sıçrama	1,131	,346	,032
Yöntem	,268	,608	,008
Sıçrama x Yöntem	,473	,796	,014

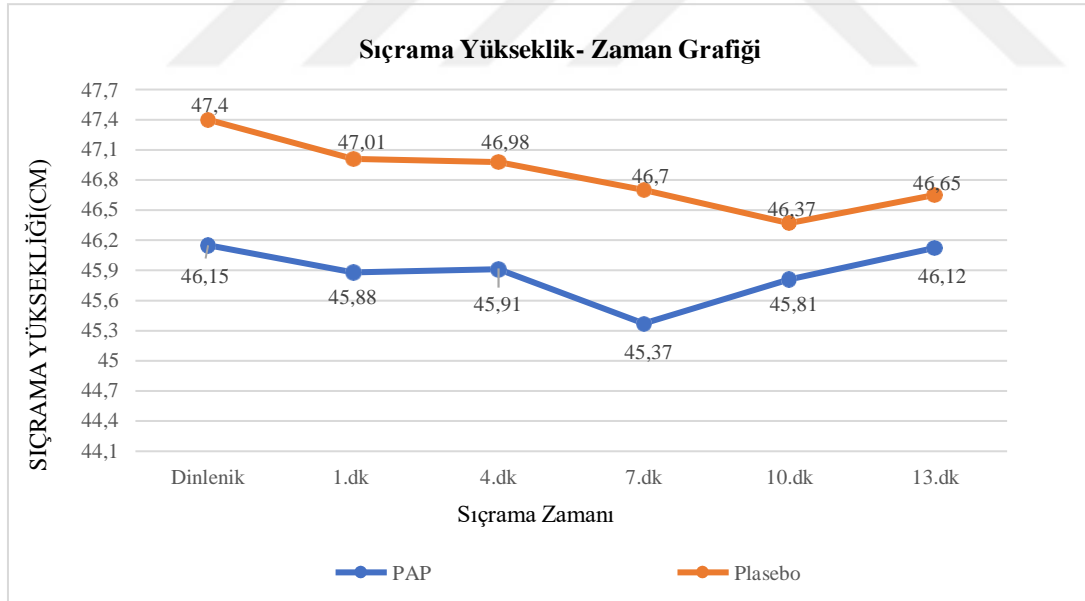
Erkek sporcularda NMES cihazı ile ASP ve plasebo akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasında ki sıçrama değerleri farklılık göstermemektedir ($F=1,131$, $p>0,05$). Bu bulguya göre erkeklerde ASP ve plasebo akım protokolünün yapılan sıçramalar üzerinde benzer etkiye sahip olduğu belirlenmiştir ($F=,268$, $p>0,05$). Altı farklı sıçrama değerleri incelendiğinde uygulanan akım protokolünün ASP etki (performans artışı) açığa çıkaramadığı görülmektedir.

4.5. Kadın Katılımcıların İki Farklı Akım Sonrası Sıçrama Değerlerine Ait Bulgular

Tablo 4.5. Kadın sporculara NMES cihazı ile uygulanan ASP ve plasebo akım protokolü etkisiyle elde edilen sıçrama değerlerine ait ANOVA sonuçları

Cinsiyet	F	p	Kısmi η^2
Sıçrama	,576	,455	,022
Yöntem	,105	,748	,004
Sıçrama x Yöntem	,624	,437	,023

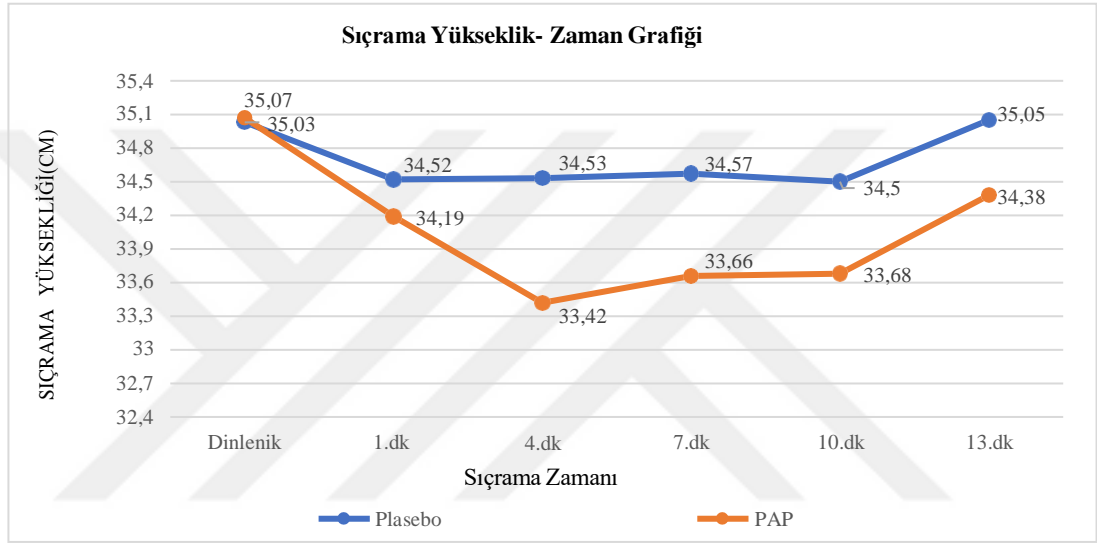
Kadın sporcularda NMES cihazı ile plasebo akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki sıçrama değerleri farklılık göstermemektedir ($F=,576$, $p>0,05$). Bu bulguya göre kadınlarda ASP ve plasebo akım protokolünün sıçramalar üzerinde benzer etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Altı farklı sıçrama değeri incelendiğinde uygulanan akım protokolünün ASP etki (performans artışı) açığa çıkaramadığı görülmektedir ($F=,105$, $p<0,05$).



Şekil 4.1. Erkek sporcuların NMES cihazı ile uygulanan ASP akım protokolü ve plasebo akım öncesi (dinlenik) ve sonrası sıçrama değerleri

Erkek sporcuların uygulama öncesi ve sonrası sıçrama değerlerinin iki farklı yöntem etkisiyle değişim grafiği yukarıda verilmiştir. Grafik incelendiğinde iki akım türü ardından da dikey sıçrama yükseklik değerlerinin ilk önce azaldığı ardından bir miktar

artışa yöneldiği görülmektedir. ASP akım uygulaması ardından 7.dk'da en düşük sıçrama değeri gözlenirken, 13.dk'da yaklaşık olarak akım öncesindeki değere ulaştığı belirlenmiştir. Grafikteki bu keskin artış bundan sonraki periyotta kısmi bir dikey sıçrama değer artışı oluşabileceğini düşündürmektedir. Plasebo akım incelendiğinde 10.dk'ya kadar sıçrama yükseklik değerleri azalmış ardından artış görülmüş ancak akım öncesi değerine ulaşamamıştır. Bu bulgulara göre ASP akım protokolü, erkek sporcularda yorgunluğa erken ulaştırmış fakat plasebo akımında ASP akım protokolünde ASP etkiyi açığa çıkarmada etkili olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Kadın katılımcıların NMES cihazı ile uygulanan ASP akım protokolü ve plasebo akım öncesi (dinlenik) ve sonrası sıçrama değerleri

Kadın sporcuların uygulama öncesi ve sonrası sıçrama değerlerinin iki farklı yöntem etkisiyle değişim grafiği yukarıda verilmiştir. Grafik incelendiğinde ASP ve plasebo akım protokolleri ardından dikey sıçrama yükseklik değerlerinde 4.dk' ya kadar bir düşüş yaşandığı fakat sonrasında görülen artışın anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Plasebo akım protokolünde de 1.dk' da ki düşüşün ardından sıçrama yüksekliği korunup, 13.dk' da dinlenik sıçrama değerine göre artış olduğu fakat bu artışın da anlamlı olmadığı görülmektedir ($F_{(1;30)} = ,624$; $p = ,437$; $\eta^2 = ,023$). Bu bulgulara göre iki akım protokolünün de kadın sporcularda ASP etkiyi açığa çıkarmada etkili olmadığı belirlenmiştir.



5. TARTIŞMA

Çalışmamız; patlayıcı kuvvet gerektiren branşlarda müsabık olan sporcularda NMES ile farklı akım frekansları uygulanarak, büyük motor ünitelerin ateşlenmesi ve ASP etkisi oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla çalışmamıza 18 erkek ve 14 kadın olmak üzere toplam 32 sporcu katılmıştır. Katılımcıların 2 farklı günde önce maksimum sıçrama değerleri ölçülüp ardından, randomize şekilde NMES cihazı ile bir ön yükleme uygulamasına (ASP akım protokolü, Plasebo akım protokolü) ve ardından dikey sıçrama testine (1,4,7,10,13.dk'larda) tabi tutulmuşlardır. Sporcuların her iki uygulama sonrasında belirli bir süreye kadar dikey sıçrama değerleri, dinlenik dikey sıçrama değerlerine göre azalma eğilimi göstermiştir. ASP akım protokolü ardından kırılma noktaları oluşarak yükseklik artışları olmasına rağmen bu artışlar ilk ölçüm değerinin altında kalmıştır. Uygulanan ön yükleme akımları sonucunda sporcuların dikey sıçrama değerleri cinsiyetler arası ve sıçrama ölçüm periyotları arasında ayrı ayrı istatistiksel olarak değerlendirilmiş fakat anlamlı bir fark görülmemiştir.

ASP etkisini ve mekanizmalarını inceleyen çalışmalar incelendiğinde bu çalışmaların büyük çoğunluğunu ağır direnç egzersizleri (~%90 1 MT) ve güç aktivitelerinin (Saez Saez de Villarreal ve ark., 2007; Bevan ve ark., 2010; Boulosa ve ark., 2013) oluşturduğu ardından balistik (plyometrik) aktivitelerin (Maloney ve ark., 2014; Turner ve ark., 2015) yer aldığı, son dönemlerde ise EMS sistemi, vibrasyon gibi farklı aletler ve teknilerle bu etkinin araştırıldığı görülmektedir. (Dote-Montero ve ark., 2016; Kaçoğlu ve ark., 2016; Laskin, 2020; Sarı ve ark., 2022).

Literatürde ASP etkiyi NMES cihazı ile açığa çıkarmaya çalışan az sayıda çalışma mevcuttur. Çalışmalar sıçrama değerleri, H refleksi, reaksiyon süreleri, sürat ve izokinetik kuvvet gibi ölçülebilir parametrelerin ön koşullanma aktiviteleri sonrası artan değişimlerini ASP etkisine dayandırmaktadırlar (Miyamoto ve ark., 2011; Miyamoto ve ark., 2012; Froyd ve ark., 2014; Yağcı ve Pelvan, 2019; Sarı ve ark., 2022).

İki farklı ön kondisyonlama uygulamasının dikey sıçrama üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada kuadriseps kas grubuna randomize şekilde ve farklı zamanlarda EMS uygulaması ile ya da bacak ekstansiyon makinesi ile kontraksiyon yaptırılmıştır. EMS uygulaması 6 tekrar 120 Hz 4'er saniye kasılma ve dinlenme periyodu şeklinde,

makine ile uygulamada ise 6 tekrarlı 1TM' nin %85'i olacak şekilde ağırlıklar kullanılmıştır. Dikey sıçrama yükseklik değerleri uygulamadan önce ve uygulama sonrasında 30.sn, 1.dk ve 3.dk' larda ölçülmüş sonuç olarak iki uygulama ardından da tüm ölçümlerde anlamlı derece artış bulunmuştur (Yağcı ve Pelvan, 2019).

NMES'in tetanik kasılmalar sırasında daha az ağırlı seviyede uygulamalarının kuvvet geliştirme hızı (RFD) için etkili olup olmadığını araştırıldığı çalışmada katılımcıların diz ekstansörlerine %10 veya %20 maksimal gönüllü izometrik kasılma (MVIC) seviyesinde elektrik akımı uygulanmıştır. Uygulama esnasında katılımcıların EMG ölçümleri alınmış ve ağrı hisleri görsel ağrı skalası ile sorularak kaydedilmiştir. Uygulama sonrası %20 NMES, izokinetik cihaz ile MVIC sırasında EMG aktivitesini ve 30-, 50- ve 100-msaniyelik RFD'yi artırmış, ancak 200 ms'nlik RFD'yi geliştirmemiştir. Bunun yanısıra %10 NMES'in, RFD'nin hiçbir fazını arttırmada etkinliği bulunamamıştır. (Nakanishi ve ark., 2020).

Bir başka çalışmada farklı EMS akım parametrelerinin (yoğunluk, stimülasyon paterni ve darbe genişliği) uyarılmış ayak plantar fleksör kaslarının tork büyüklüğü üzerindeki etkisini incelenmiştir. Triceps surae (erkek n:20; kadın n:13) üzerinde NMES cihazı ile 20 Hz akıma eşzamanlı olarak 33 saniyelik Aşil tendonu vibrasyonu uygulanmıştır. Yoğunluk, maksimum istemli kasılma torkunun (MVC) %10, 20 veya %30'unu ortaya çıkaracak şekilde ayarlanmış, atım genişliği (0,2 ms) ya da (1 ms) olarak, uyarın modeli ise (5 × 2-s veya 10 × 1-s) olarak rastgele bir sırayla 12 farklı şekilde kullanılmış, uygulama sonrası istemsiz kasılma torku üretebilen katılımcılarda tekrarlamışlardır. Sonuçta %20 MVC ortaya çıkaran (0,2 ms) genişliğine sahip 5 × 2-s NMES akımlarının, en yüksek tepkileri sağladığını ve triceps surae'de istemsiz kasılma tork üretimini en üst düzeye çıkarmak için kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Mesquita ve ark., 2021).

Baudry ve Duchateau (2007a), başparmak addüktör kaslarında NMES kullanarak tetanik kasılma sağlayacak şekilde 250 Hz akım ile uyarılmışlardır. Uygulama sonrası belirli aralıklarla akımı tekrarlayıp ardından maksimum istemli kasılma isteyerek kasılma performansını değerlendirmişler ve kasın istemli kasılma performansını %9-24 oranında artırdığını bulmuşlardır.

Ön kol plantar fleksörlerin farklı yoğunluklarda uyarımı ile (%40, %60, %80 ve %100) maksimum istemli kasılma performanslarının ölçümü alınmış ve konsantrik istemli kasılmalar sonrası (180 derece/s) sadece %80 ve %100 MVC yoğunluğu ile elde edilen kasılma sonrası performansın arttığı görülmüştür. Performansta olumlu değişiklikler sağlayabilmek için yüksek yoğunluklu kasılmaların oluşturulmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir (Fukutani ve ark., (2012).

Bizim çalışmamızda da sporcuların kuadriceps / gastro-soleus kaslarına farklı günlerde bu kaynaklar ışığında değişken ve artan frekans değerlerinde akımlar (2-75 Hz) ile plasebo odaklı (1 Hz) akım uygulanmıştır. Uygulamalar sonrası 1-4-7-10 ve 13. dk larda dikey sıçrama değerleri ölçülmüştür. Çalışmamızın bulgularına göre kadınlarda ve erkeklerde sıçrama yüksekliklerinde herhangi bir ölçüm dakikasında anlamlı bir artış bulunamamıştır.

ASP ile yorgunluk kavramına ait çalışmalar incelendiğinde, bu iki kavramın bir arada bulunduğu ve ön kondüsyonlama aktivitesi sonrası performans artışının merkezi yorgunluk oluşmamasına bağlı olduğu bildirilmektedir (Wilson ve ark., 2013). Ön kondüsyon geçmişinin performansla olumlu etkisinin yanısıra kuvvet, güç, hız ve iş gibi faktörler üzerinde azalmaya yol açan yorgunluk faktörünü bunun ise performansı olumsuz etkileyebileceği çalışmalarda gösterilmiştir (Sale, 2002; Sargeant, 2007, MacIntosh ve Shahi, 2011).

NMES için klinik önerilere bakıldığında, kısa atım genliği (100–200 μ s) ve düşük ve orta atım frekanslarının (30–50 Hz) kullanılması şeklindedir. Bununla birlikte, bu tip NMES, (fizyolojik olmayan) yüksek stimülasyon yoğunlukları ve motor ünitelerin düzensiz aktivitesi nedeniyle hızlı kas yorgunluğuna neden olabileceği belirtilmiştir (Bochkezanian ve ark., 2017).

NMES akım frekanslarının ASP'ye olan etkisini araştıran bir çalışmada 80 HZ'de uygulanan 10 saniyelik bir akımın, aynı sürede istemli kasılma ile elde edilen etki araştırılmış ve NMES in yüksek yoğunluk sebebiyle yorgunluk oluşturduğu ve daha yüksek kuvvet açığa çıkarma ve ASP etki oluşturmada olumsuz etkiye neden olduğu dile getirilmiştir (Miyomoto ve ark., 2011).

Ağırlık antrenmanı geçmişi olan on dört erkek üzerinde yapılan; balistik egzersiz veya balistik olmayan konsantrik bench press'in sonraki plyometrik sınav performansı

üzerindeki etkilerini incelemek için yapılan çalışmada sonuçlar arasında istatistiksel olarak hiçbir fark bulunamamış (Bodden ve ark., 2019). Sonuç olarak araştırmada kullanılan yükleme büyüklüğünün (1TM), akut yorgunluğa neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızda kullanılan akım frekanslarının değişken olması ve her bir dinlenme periyodu sonrası artan frekansın sporcuların kasılma dinlenme döngüsünü sağlayamadığını bunun da yorgunluk oluşumuna neden olduğunu düşündürmektedir. Sporcuların güç seviyelerinin uygulama öncesi ayrımı yapılmamış olması da bu faktörün üzerinde etkili olduğu muhtemeldir.

Literatür incelediğinde ASP'nin sporcu performansını artırdığını gösteren çalışmalar bulunduğu gibi, performans üzerinde etkinliği olmadığı, azaltmadığı veya negatif yönde etkilediği gibi farklı sonuçlar bulunmaktadır (De Assis ve ark., 2012). Bazı yazarlar da çalışmalarında ön koşullama aktivitelerinin uyarım sıklığı, türü, süresi, şiddeti ve dinlenme süresi gibi parametrelere dikkat edilmesi gerektiğine vurgu yapmışlardır.

Glass ve Albert (2018), uyarılan bir kasta meydana gelen tetanik kasılma esnasında var olan kalsiyum yoğunluğunun, tercih edilen aktivasyon sıklığı ile orantılı olduğunu bu nedenle aktivasyon sıklığının yeterli olmaması durumunda da kuvvet artışının sağlanamayacağını söylemektedirler.

Mettler ve Griffin (2010), stimülasyon frekansının, atım süresinin ve stimüle edilen koşullandırma kasılmasının atım sayısının kas kuvvet artışı üzerindeki etkilerini incelemiş ve stimüle edilen koşullandırma kasılmaları, 15 ila 50 Hz arasında değişen frekansları içeren stimülasyon yoğunluğunda gerçekleştirildiğinde, kuvvet artışının, stimülasyon frekansına değil, atım sayısına bağlı olduğunu söylemişlerdir.

Her miyozin düzenleyici hafif zincir, bir fosfat molekülünün katılabilmesi için özel bir bölgeye sahiptir (Tillin ve Bishop, 2009) ve bu bölge, kas kasılmaya başladığında fosforile edilmektedir. Kasılma şiddeti ne kadar fazla olursa, o kadar fazla lif ateşlenir ve gözlenen fosforilasyon miktarı da o kadar artar. Bu yüzden ASP açığa çıkarması istenen ön koşullama aktivitesi ile liflerde fosforilasyon olabilmesi için ön yük ve performans ölçüm testinin aynı kas gruplarını çalıştırması gerekmektedir.

Çalışmamızda NMES uygulanan kasların tercihinde sıçrama biyomekaniği göz önünde bulundurulmuş ve sıçramada aktif şekilde görev alan kuadriceps ve gastro-soleus kasları tercih edilmiştir. Uygulanan akım şiddeti sporcuların bireysel dayanabileceği son nokta şeklinde subjektif bir ölçüte göre uygulanmıştır. Daha fazla akım şiddetine dayanma sporcularda sakatlık oluşturabilme fikri taşıdığı için submaksimal ya da daha az akım şiddetinde kesildiği fikri çalışmamızda ASP etki ortaya çıkaramama handikapını desteklemektedir.

ASP etkiyi araştıran çalışmalar incelendiğinde; ön koşullama aktiviteleri sonrası etkinin ne zaman açığa çıkabileceği veya ne kadar etkin kalacağı konusunda kesin fikirler sunmamaktadır. Bazı çalışmalar koşullama hemen sonrası bir performans artışı olup belirli süre sonra kaybolduğunu bildirirken bazıları ise uygulamadan belli bir süre sonra ASP etkisinin açığa çıkabileceğini bildirmiştir.

Dobbs ve ark. (2019), meta-analizlerinde kullanılan ön yükün izometrik kasılma içermesinin ASP üzerinde negatif etki gösterirken dinamik ön yük tercihinin ise anlamlı olmayan bir artışa sebep olabileceğinden bahsetmektedirler. Aynı çalışmada dinlenme süresi 3 ile 7 dk arasında en etkili olası ASP oluşum süresi olarak ifade edilmektedir.

Miyamoto ve ark. (2012), 6 sn süren maksimum istemli kasılmanın, sonraki dinamik performansı artırabileceğini ancak ön kondisyonlama kasılmasının aynı zamanda istemli eklem performansının artışını azaltan merkezi yorgunluğu da sebep olabileceğini söylemektedirler. Bu sebebeyle çalışmalarında; performansı arttırırken yorgunluğu en aza indirmek için kısa süreli izometrik maksimum istemli kasılmanın ve nöromüsküler elektrik stimülasyonunun (NMES) etkilerini incelemişlerdir. Diz ekstansörlerine yönelik maksimum istemli kasılmanın ve NMES uygulamalarından hemen sonra, 1 ve 3.dk larda NMES ile performansın arttığı fakat 5. dk ölçümünde iki uygulama içinde performans artışıyla sonuçlanmadığı söylemişlerdir. NMES ve MVC 5'er sn lik uygulamaları karşılaştırılınca ise NMES uygulamasını önermektedirler.

ASP yanıtının dinlenme sürelerinden etkilediğini belirten çalışmalarda dinlenme için verilecek sürelerin sporcunun güç seviyesine ve profesyonellik düzeyine göre değiştiği belirtilmiştir. Wilson ve ark.'nın meta-analizinde (2013), bir ön kondisyonlama aktivitesi sonrası profesyonel sporcuların toparlanma süresinin 3-7 dakika olmasının

en iyi güç çıkışı için ideal süre olduğunu söylerken. Sporcuların tecrübe düzeyi azaldıkça bu sürenin 7-10 dakikalık dinlenme süresine çıkarılmasının ardından en iyi güç çıkışını sağlayabileceğini söylemektedirler.

Seitz ve ark. (2014), ASP etki süresini inceledikleri çalışmalarında ön kondüsyonlama sonrası 15.sn, 3. dk, 6. dk, 9. dk ve 12.dklarda katılımcıların sıçrama yüksekliklerini ölçmüş ve uygulama öncesiyle karşılaştırmışlardır. 3. 6. ve 9.dk larda sıçrama yükseklik değerlerini anlamlı derece de yüksek bulmuşlar ve ASP etki kaynaklı olduğunu söylemişler.

Carmo ve ark. (2021) çalışmalarında dikey sıçrama performansında sporcunun kendi belirlediği dinlenme süresi ve sabit dinlenme süresi (4, 8 dk) stratejilerinin aktivasyon sonrası güçlenme etkilerini karşılaştırmış ve profesyonel sporcularda dikey sıçrama yüksekliğinde sporcuların kendi belirledikleri dinlenme sürelerinin ASP etki için daha etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Hedef kasların güç düzeyine ve yorgunluk özelliklerine bağlı olarak, aynı düzeyde ASP etkiyi indüklemek için hıza dayalı tekrar kontrolü kullanarak katılımcılar arasında yorgunluğun eşitlenmesine izin verilebilir (Tsoukos ve ark., 2019; Tsoukos ve ark., 2021). Bu yöntemle katılımcılar arasında yorgunluğun eşitlenmesi, ön kondisyon hacminin bireyselleştirilmesine izin verir ve hedef kasların güç düzeyine ve yorgunluk özelliklerine bağlı olarak aynı düzeyde yorgunluğa neden olur.

Olası ASP etkisi açığa çıkmaması sadece yorgunluktan (örneğin, tercih edilen ön yüklenmenin hacmi, yoğunluğu türü ya da uygun dinlenme sürecinin sağlanamamış olması) değil, aynı zamanda tekrarlı sıçrama, serbest kaldırışlar gibi ardı sıralı ve çoklu tekrarlı olarak gerçekleştirilen bir hareketten doğan koordinasyon kaybından da etkilenebilmektedir (Blazevich ve Babault, 2019; Maroto ve ark., 2020).

Pek çok yazar, bir koşullandırma kasılmasından sonra gönüllü performans artışını (ASP_G) ASP'nin olumlu etkilerine bağlarken, aslında çok azı, ASP'nin ölçüldüğü sırada elektriksel stimülasyon (seğirme yanıtı) kullanılarak kasılmanın gerçekten güçlendirildiğini doğrulamıştır. Bununla birlikte, ASP olmadığında performans artışı da rapor edilmiştir ve ASP mevcut olduğunda değişmeyen ya da azalmış performans tespit edilmiştir (Zimmermann ve ark., 2020).

Bu kaynaklara göre bizim çalışmamızda olası ASP etki açığa çıkabilecek dinlenme dakikalarının hemen hepsinde (1,4,7,10 ve 13.dk) ölçümler alınmıştır. Ölçümlerde dinlenme sürelerimiz literatürle uyumlu şekilde tercih edilmiş fakat sonuçlarımızda anlamlı artışlar bulunamamıştır.





6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak çalışmamız incelendiğinde sıçrama değerlerinde artış olmamasına rağmen dinlenme sürelerinin bazı evrelerinde kırılmalar görülüp ardından artışa geçme eğilimi göstermesi ASP etki için umut vaat etmektedir. Literatürün daha fazla NMES uygulaması ve ASP etki çalışmalarına ihtiyaç duyduğu üzerinde durmaktayız.

6.1. Sonuçlar

Maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), sporcuların sıçrama performansına etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

1. NMES uygulaması öncesi kadın ve erkek sporcuların sıçrama yükseklikleri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$).
2. Kullanılan NMES (ASP akım protokolü) sonucunda erkek sporcuların sıçrama yüksekliklerinin ölçüm dakikalarının hiçbirinde dinlenme ölçümlerine göre anlamlı artış bulunamamıştır ($p > 0,05$).
3. Kullanılan NMES (Plasebo akım protokolü) sonucunda erkek sporcuların sıçrama yüksekliklerinin ölçüm dakikalarının hiçbirinde dinlenme ölçümlerine göre anlamlı artış bulunamamıştır ($p > 0,05$).
4. Kadın sporcularda NMES cihazı ile ASP akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki sıçrama değerleri farklılık göstermemektedir ($p > 0,05$).
5. Kadın sporcularda NMES cihazı ile plasebo akım protokolü kullanılarak elde edilen akım öncesi ve sonrasındaki sıçrama değerleri farklılık göstermemektedir ($p > 0,05$).
6. Kullanılan NMES akımı sonucunda kadın sporcuların sıçrama yüksekliklerinin ölçüm dakikalarının hiçbirinde dinlenme ölçümlerine göre anlamlı artış bulunamamıştır ($p > 0,05$).

6.2. Öneriler

Maksimal kas kasılması ortaya çıkaracak şiddette, kısa süreli NEMS uygulamasının (ASP etkisi), sporcuların sıçrama performansına etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırmanın diğer çalışmalara yardımcı olması amacıyla aşağıdaki öneriler sunulmuştur.

1. Hedef kasların güç düzeyine ve yorgunluk özelliklerine bağlı olarak, aynı düzeyde ASP etkiyi indüklemek için hıza dayalı tekrar kontrolü kullanarak katılımcılar arasında yorgunluğun eşitlenmesine izin verilebilir
2. Performans artışı ve ASP etki bakımından farklı akım uygulamaları veya EMS ile kombine dinamik egzersiz eklenmesi gibi başka parametrelerle de değerlendirilmesi gerektiğini düşündürmektedir.
3. Benzer uygulama tekrarlı sıçrama, serbest kaldırışlar gibi ardı sıralı ve çoklu tekrarlı bir hareket paterni ile tekrarlanabilir.
4. Sıçrama üzerinde etkili olan diğer kaslarda uygulama tekrarlanabilir.

KAYNAKLAR

Ahmadabadi F, Avandi SM, Aminian-Far A. (2015). Acute versus chronic dynamic warm-up on balance and balance the vault performance in skilled gymnasts. *International Journal Of Applied Exercise Physiology*, 4(2).

Akarsu, S. (2008). Sedanter ve Çeşitli Branşlardaki Sporcu Adelösan ve Yetişkinlerde Reaksiyon Zamanı, Kuvvet ve Esneklik Arasındaki İlişkiler. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.

Akıllıoğlu, O. (2019). Düzenli Yüzme Egzersizlerinin Ortaokul Öğrencileri Üzerinde Fiziksel ve Algı Düzeyindeki Etkileri. Yüksek lisans tezi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.

Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. (2008). Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanism, *Physiol Rev*, 88, 287-332.

Aslan SF. (2019). Artistik Cimnastikçilerde Atlama Masası Aletinde Yapılan Elle Aşma Hareketine ve Alt Ekstremitte Anaerobik Güç Performansına Post Aktivasyon Potansiyelinin Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Bolu.

Aslankeser, Z. (2010). Anaerobik Antrenmanların Santral-Periferik Yorgunluk ve Toparlanma Süreçlerine Etkileri. Çukurova Üniversitesi (Doctoral dissertation, Doktora Tezi).

Atılan, O. (2010). 12-14 Yaş Grubu Basketbol Oyuncularının Çabukluk ve Sıçrama Yetilerine Farklı Kuvvet Antrenmanlarının Etkisi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, 9-20.

Baltacı, G., Düzgün, İ. & Tedavi, F. (2008). Adölesan ve egzersiz. *Sağlık Bakanlığı Yayın*, 730.

Baslo MB. (2014). Membran potansiyelleri ve kayıtlanması, klinik nörofizyoloji. EEG – EMG Derneği Yayınları, İstanbul.

Baudry, S. & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1394-1401.

Baudry, S. & Duchateau, J. (2007). Postactivation potentiation in a human muscle: effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions. *Journal of Applied Physiology*, 103(4), 1318-1325.

Bayraktaroğlu, S. (2018). Farklı Kuvvet Antrenman Yöntemlerinin Bazı Kinetik ve Kinematiklere Etkilerinin Karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Düzce.

Beato, M., De Keijzer, K. L., Leskuskas, Z., Allen, W. J., Iacono, A. D., & McErlain-Naylor, S. A. (2021). Effect of postactivation potentiation after medium vs. high inertia eccentric overload exercise on standing long jump, countermovement jump, and change of direction performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(9), 2616-2621.

Bevan H. R, Owen NJ, Cunningham DJ, Kingsley MI & Kilduff LP. (2009).Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper-body power output. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6):1780-5.

Bevan, H. R., Cunningham, D. J., Tooley, E. P., Owen, N. J., Cook, C. J., Kilduff, L. P. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 701-705.

Bigland R. B, Johansson R, Lippold OC & Woods JJ. (1983). Contractile Speed and EMG Changes During Fatigue of Sustained Maximal Voluntary Contractions, *Journal of Neurophysiology*, 50(1), 313-324.

Bigland RB, Ritchie B. (1981). EMG and fatigue of human voluntary and stimulated contractions, *Ciba Found Symp*, 82, 130–156.

Billat LV. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice, *Sports Med*, 31(1), 13-31.

Binder- Macleod, S. A., Dean, J. C. & Ding, J. (2002). Electrical stimulation factors in potentiation of human quadriceps femoris. *Muscle & Nerve*, 25(2), 271-279.

Blazevich, A. J. & Babault, N. (2019). Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in physiology*, 1359.

Bobbert, M.F. (1986). A model to demonstrate the power transporting role of biarticular muscles. *Journal of Physiology*, 387-24.

Bochkezanian, V., Newton, R. U., Trajano, G. S., Vieira, A., Pulverenti, T. S. & Blazevich, A. J. (2017). Effect of tendon vibration during wide-pulse neuromuscular electrical stimulation (NMES) on the decline and recovery of muscle force. *BMC neurology*, 17(1), 1-14.

Bodden D, Suchomel TJ, Lates A, Anagnost N, Moran MF & Taber CB. (2019). Acute effects of ballistic and non-ballistic bench press on plyometric push-up performance. *Sports*, 7, 47

Bompa, T.O. & Haff, G.G. (2009). Periodization, theory and methodology of training. human kinetics. *America*, 266-284.

Bompa, T. O. (2003). Antrenman Kuramı ve Yöntemi. Bağırçan Yayımevi.

Boulossa, D., Del Rosso, S., Behm, D. G., Foster, C. (2018). Post-activation potentiation (ASP) in endurance sports: a review. *European journal of sport science*, 18(5), 595-610.

Burnett A. The biomechanics of jumping. Coaches' Infoservice. Available at: <http://coachesinfo.com/article/51/>. Accessed March 19, 2004.

Castagna, C & Castellini, E. (2013). Vertical jump performance in Italian male and female national team soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 1156-1161.

Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Giannakos, A., Alexiou, K., Patikas, D., Antonopoulos, C. & Kotzamanidis, C. (2007). Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1278-1281.

Chiu, LZ, Fry, AC, Weiss, LW, Schilling, BK, Brown, LE & Smith SL. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond*, 17(4), 671 – 677.

Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE & Smith SL. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *J Strength Cond Res*, 17, 671–677.

Cihan H. (2002). Maksimal Kuvvet Antrenmanının Bilateral Deficit Üzerine Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Trabzon.

Clarkson, PM & Hubal, MJ. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*, 81, 52–69.

Crewther BT, Kilduff LP, Cook CJ, Middleton MK, Bunce PJ & Yang GZ. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *J Strength Cond Res*, 25, 3319–3325.

Çelebi M. M. & Zergeroğlu A. M. (2017). Isınma ve germe egzersizlerinin propriosepsiyon ve denge üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*.;70(2), 83-89. DOI: 10.1501/Tıpfak_000000969

Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Preen, D., Polglaze, T., Fitzsimons, M. & Fournier, P. (1997). Muscle phosphocreatine repletion following single and repeated short sprint efforts, *Scand J Med Sci Sports*, 7, 206-213.

De Assis F., Panissa S. L., Miarka V. L. G. & Franchini E. (2012). Postactivation potentiation: Effect of various recovery intervals on bench press power performance. *J Strength Cond Res*. 26, 739-744.

Devrimsel G., Metin Y. & Serdaroglu Beyazal M. (2019). Short-term effects of neuromuscular electrical stimulation and ultrasound therapies on muscle architecture and functional capacity in knee osteoarthritis: A randomized study. *Clin Rehabil*, 33, 418-427.

do Carmo, E. C., De Souza, E. O., Roschel, H., Kobal, R., Ramos, H., Gil, S. & Tricoli, V. (2021). Self-selected rest interval improves vertical jump postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 91-96.

Dobbs, W. C., Toluoso, D. V., Fedewa, M. V. & Esco, M. R. (2019). Effect of postactivation potentiation on explosive vertical jump: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(7).

Dote-Montero, M., Pelayo-Tejo, I., Molina-Garcia, P., Carle-Calo, A., García-Ramos, A., Chirisa-Ríos, L. J., ... & Amaro-Gahete, F. J. (2021). Effects of post-tetanic potentiation induced by whole-body electrostimulation and post-activation potentiation on maximum isometric strength. *Biology of Sport*, 39(2), 451-461.

Doucet B.M., Lam A. & Griffin L. (2012). Neuromuscular electrical stimulation for skeletal muscle function. *Yale J Biol Med*. 85(2), 201–15. Medline:22737049 [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]

Duchateau, J. & Hainaut, K. (1984). Isometric or dynamic training: Differential effects on mechanical properties of a human muscle. *J Appl Physiol*, 56, 296–301.

Duchateau J., Semler JG, Enoka RM. (2006). Training Adaptations in The Behavior of Human Motor Units, *J Appl Physiol*, 101, 1766-1775

Duclay, J. & Martin, A. (2005). Evoked H-reflex and V-wave responses during maximal isometric, concentric, and eccentric muscle contraction, *J. Neurophysiol*, 94 (5), 3555-3562.

Duthie GM., Young WB. & Aitken DA. 2002. The acute effects of heavy loads on jump squat performance: An evaluation of the complex and contrast methods of power development. *J Strength Cond Res*, 16, 530–538.

Edman, K. A. P. (1992). Contractile performance of skeletal muscle fibres. Komi, P.V. (Ed.) *Strength and power in Sports*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 96-114.

Emilio, J., Lopez, M., Martinez, E., Contreras, F., Sanchez, A. & Amat, A. (2012). Effects Of Electrostimulation and Plyometric Training Program Combination on Jump Height in Teenage Athletes, *Journal Of Sports ScienceAndMedicine*, 11, 727-735.

Emre M. H., Ateş N., Kayatekin B. M., Açıköz O. & Uysal Harzadın N. (2011). Zar fizyolojisi, sınırlı ve kas içinde Tıbbi Fizyoloji, Çağlayan Yeğen B, (Çeviri Editörü). Textbook of Medical Physiology, Guyton AC, Hall JE. 12. Baskı, Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri,:45-94.

Eum, J. Y., Kim, Y. K., Park, E. J., Lee, J. H., Lee, J. E., Lim, J. J., ... & Kim, H. H. (2015). The effects of strengthening exercise, stretching and meditation on electromyography onset timing of the rectus femoris and gastrocnemius during vertical jump performance in healthy adults. *Physical therapy rehabilitation science*, 4(1), 22-27.

Fitts, R. H. (2008). The cross-bridge cycle and skeletal muscle fatigue. *Journal of applied physiology*, 104(2), 551-558.

Fraser, J. J., Feger, M. A. & Hertel, J. (2016). Midfoot and forefoot involvement in lateral ankle sprains and chronic ankle instability. Part 1: anatomy and biomechanics. *International journal of sports physical therapy*, 11(6), 992.

French DN, Kraemer WJ. & Cooke CB. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *J Strength Cond Res* 17: 678–685,.

Froyd, C., Beltrami, F. G., Jensen, J., Millet, G. Y. & Noakes, T. D. (2014). Potentiation and electrical stimulus frequency during self-paced exercise and recovery. *Journal of human kinetics*, 42, 91.

Fukutani, A., Miyamoto, N., Kanehisa, H., Yanai, T. & Kawakami, Y. (2012). Influence of the intensity of a conditioning contraction on the subsequent twitch torque and maximal voluntary concentric torque. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(4), 560-565.

Gamberi, T., Magherini, F., Fiaschi, T., Modesti, P. A., Gulisano, M., Marella, M., Bosi, P., Spicuglia, P., Radini, M., Modesti, A. (2018). Postactivation potentiation improves athletic performance without affecting plasma oxidative level. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 59(6), 975-981.

Gilbert G, & Lees A. Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise. *Ergonomics*, 48, 1576–1584, 2005.

Glass, S. C. & Albert, R. W. (2018). Compensatory muscle activation during unstable overhead squat using a water-filled training tube. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(5), 1230-1237.

Gossen ER, & Sale DG. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *Eur J Appl Physiol*, 83, 524–530.

Gouvêa AL., Fernandes IA., César EP., Silva WAB. & Gomes PSC. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *J Sports Sci*, 31, 459–467.

Gouvea, A.L., Fernandes, I.A., Cesar, E.P., Silva, W.A.B. & Gomes, P.S.C. (2012). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on postactivation potentiation studies. *J Sport Sci*, 31, 459-467,.

Grange RW, Cory CR, Vandenboom R, Houston ME. Myosin phosphorylation augments force-displacement and force-velocity relationships of mouse fast muscle. *Am J Physiol Cell Physiol* 269: C713–C724, 1995

Grange, RW., Vandenboom, R. and Houston, ME. (1993). Physiological significance of myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Can J Appl Physiol*, 18, 229–242,

Gregory, C. M. & Bickel, C. S. (2005). Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Physical therapy*, 85(4), 358-364.

Gullich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-Induced Short-Term Potentiation Of Explosive Force. *New Studies In Athletics*, 11(4): 67-81.

Günay M., Cicioğlu, G. Spor Fizyolojisi. Gazi Kitabevi, Ankara, 44-449, 2001.

Hainaut K. & Duchateau J. (1992). Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. *Sports Med.* 14(2), 100-13.

Hall E., Bishop DC. & Gee TI. (2016). Effect of plyometric training on handspring vault performance and functional power in youth female gymnasts. *PLoS ONE*, 11(2), e0148790. doi:10.1371/ journal.pone.0148790

Hamada T., Sale DG. & MacDougall JD. (2000). Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol*, 88, 2131-2137

Harmancı H., Karavelioğlu B., Ersoy A., Yüksel O., Erzeybek MS. & Başkaya G. (2017). Post aktivasyon potansiyel (ASP) ve statik germe modeli ısınmalarının sıçrama performansına etkisi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 56-68.

Herrero, J. A., Izquierdo, M., Maffiuletti, N. A. & Garcia-Lopez, J. (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International Journal of Sports Medicine*, 27(07), 533-539.

Herzog W., Schappacher G., DuVall M. & Herzog J. A. (2016). Residual force enhancement following eccentric contractions: A new mechanism involving titin. *Physiology (Bethesda)*, 31(4), 300-12.

Hodgson M., Docherty D. & Robbins D. (2005). Post-activation potentiation underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.

Hodgson, M. J., Docherty, D. & Zehr, E. P. (2008). Postactivation potentiation of force is independent of h-reflex excitability. *International journal of sports physiology and performance*, 3(2), 219-231.

Hopkins W., Marshall S., Batterham A. & Hanin J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 41(1), 3.

Hoyt, B., Nash, D. & Shaw, W. (2019). To investigate the effects post-activation potentiation has on collegiate level basketball athletes: A review of the literature.

Jensen RL. & Ebben WP. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-9.

Jones D., Round J. & de Haan A. (2007). Skeletal muscle from molecules to movement. a textbook of muscle physiology for sport, exercise, physiotherapy and medicine. 3rd ed. London, Churchill Livingstone, 21-23.

Jones P. & Lees A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694-700.

Juan C. & Calderón, 1,2,3 Pura Bolaños,2 and Carlo Caputo. (2014). The excitation–contraction coupling mechanism in skeletal muscle. *Biophys Rev*, 6(1), 133–160.

Judge LW. (2009). The application of postactivation potentiation to the track and field thrower. *Strength Cond J*, 31(3): 34–36.

Judith A. Heiny, Gerhard Meissner. (2012). Cell Physiology Source Book (Fourth Edition).

Kaçoğlu, C. & Kale, M. (2016). Acute effects of lower body electromyostimulation application with two different frequencies on isokinetic strength and jumping performance. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(1), 38.

Kaçoğlu, C. & Mehmet, K. A. L. E. (2019). Elektriksel Kas Uyarımlarının Biyokimyasal, Fizyolojik ve Nöral Mekanizması. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(1), 1-19.

Kale, M., Kaçoğlu, C. and Gürol, B., (2014). The effects of electromyostimulation training on neural adaptation and sports performance. *Hacettepe Journal of Sport Sciences*, 25(3), 142158, [In Turkish].

Karampatsos BG., Terzis G., Polychroniou C. and Georgiadis G. (2013). Acute effects of jumping and sprinting on hammer throwing performance. *J Phys Educ Sport*, 13(1), 3–5.

Kayhan R. F., Çıkıkçı A. & Gülez O. (2021). Genç Futbolcularda Reaktif Kuvvet İndeksinin Bazı Parametreler Üzerine Etkisi. *Uls Spor Egz & Ant Bil Derg*, 7 (1), 31–39.

Kemmler, W., Von Stengel, S., Schwarz, J. and Mayhew, J. L. (2012). Effect of wholebody electromyostimulation on energy expenditure during exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(1), 240245.

Kilduff LP., Owen N., Bevan H., Bennett M., Kingsley MI. & Cunningham D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of sports sciences*. 26(8), 795-802.

Knikou, M. (2008). The H-reflex as a probe: Pathways and pitfalls, *J. Neurosci. Methods.*, 171 (1), 1-12.

Komi. P. (Ed.). (2008). Olympic encyclopedia of sports medicine: Strength and power in sport (Vol. 2). John Wiley & Sons.

Kraemer WJ. & Hakkinen K. (2006). Handbook of Sports Medicine and Science Strength Training for Sport. 3rd ed. Abingdon, Oxon: Blackwell Publishing, 20-37.

Kramer, J. F. and Mendryk, S. W. (1982). Electrical stimulation as a strength improvement technique: a review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 4(2), 9198.

Külcü, D., Yanık, B., Gülşen, G. & Gökmen, D. (2008). Diz Osteoartritinde Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonunun Ağrı ve Fonksiyonel Parametrelere Etkisi. *Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı*, 55, 111.

Lakens D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in psychology*, 4:863.

Laskin, G. (2020). *Effects of an Upper Body Conditioning Stimulus on Lower Body Post-Activation Potentiation*. Southern Connecticut State University.

Lesinski M, Muehlbauer T, Busch D, Granacher U. (2013). Acute effects of postactivation potentiation on strength and speed performance in athletes. *Sportverletzung-Sportschaden* 27: 147–155.

Lieber, R. L., & Ward, S. R. (2011). Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1570), 1466-1476.

Lim, J.J.H. ve Kong, P.W. (2013). Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. *J Strength Cond Res* 27:3730-3736.

Lima LC, Oliveira FB, Oliveira TP, Assumpcao CO, Greco CC, Cardozo AC and Denadai BS. (2014). Postactivation Potentiation Biases Maximal Isometric Strength Assessment, *BioMed Research International*, 1- 7.

Lockie, R. G., Lazar, A., Davis, D. L., Moreno, M. R. (2018). Effects of postactivation potentiation on linear and change-of-direction speed: analysis of the current literature and applications for the strength and conditioning coach. *Strength & Conditioning Journal*, 40(1), 75-91.

MacIntosh, B.R. and Shahi, M.R.S. (2011). A peripheral governor regulates muscle contraction. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 36(1), 1–11. doi:10.1139/H10-073.

Maffiuletti NA. (2010). Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol.* 110;223-234.

Maffiuletti, N.A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., and Mauro, F., (2002a). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc*, 34(10), 1638- 1644.

Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., and Maffiuletti, N. A. (2003). Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(3),573-579.

Malone TR, Garrett WE and Zachazewski EJ. (1996). Athletic injuries and rehabilitation. Muscle: Deformation, Injury, Repair. Zachazewski EJ, David JM, Quillen WS (Eds), Philadelphia, WB Saunders Co.71-91.

Maloney, S. J., Turner, A. N., Fletcher, I. M. (2014). Ballistic exercise as a pre-activation stimulus: a review of the literature and practical applications. *Sports medicine*, 44(10), 1347-1359.

Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. (2004). Reliability and factorial validity of skuat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3): 551-555.

Maroto-Izquierdo, S., Bautista, I. J., & Rivera, F. M. (2020). Post-activation performance enhancement (ASPE) after a single bout of high-intensity flywheel resistance training. *Biology of Sport*, 37(4), 343.

Marqueste, T., Messan, F., Hug, F., Laurin, J., Dousset, E., Grelot, L., and Decherchi, P. (2010). Effect of repetitive biphasic muscle electrostimulation training on vertical jump performances in female volleyball players. *International Journal of Sport and Health Science*, 8, 50-55.

Mason, B. & Cossor, J. (2000). What Can We Learn From Competition Analysis At The 1999 Pan Pacific Swimming Championships ASPer Presented At The Isbs-Conference Proceedings Archive.

McArdle DW, Katch FI, Katch VL. (2010). *Exercise Physiology*. 7th ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 376-393.

Menéndez H, Ferrero C, Martín-Hernández J, Figueroa A, Marín Pj, HERRERO AJ (2016). Acute effects of simultaneous electromyostimulation and vibration on leg blood flow in spinal cord injury. *Spinal Cord*, 54(5): 383-389.

Mesquita, R. N., Taylor, J. L., Kirk, B., & Blazeovich, A. J. (2021). Involuntary sustained firing of plantar flexor motor neurones: effect of electrical stimulation parameters during tendon vibration. *European Journal of Applied Physiology*, 121(3), 881-891.

Mettler JA, Griffin L. (2010). What are the stimulation parameters that affect the extent of twitch force potentiation in the adductor pollicis muscle. *Eur J Appl Physiol* 110:1235–1242.

Mitchell CJSale DG. (2011). Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. *Eur J Appl Physiol*. 2011. Epub ahead of print 1/13/. [PubMed] [Google Scholar]

Miyamoto N, Yanai T, Kawakami Y. (2011). Twitch potentiation induced by stimulated and voluntary isometric contractions at various torque levels in human knee extensor muscles. *Muscle Nerve*;43:30–36

Miyamoto, N., Fukutani, A., Yanai, T., Kawakami, Y. (2012). Twitch potentiation after voluntary contraction and neuromuscular electrical stimulation at various frequencies in human quadriceps femoris. *Muscle & nerve*, 45(1), 110-115.

Miyamoto, N., Kanehisa, H., & Kawakami, Y. (2012). Potentiation of maximal voluntary concentric torque in human quadriceps femoris. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(9), 1738-1746.

Miyamoto, N., Kanehisa, H., Fukunaga, T., Kawakami, Y. (2011). Effect of postactivation potentiation on the maximal voluntary isokinetic concentric torque in humans. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 186-192.

Moore RL, Stull JJ (1984) Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ. *Am J Physiol* 247:C462-C471

Nakanishi, R., Takeuchi, K., Akizuki, K., Nakagoshi, R., & Kakihana, H. (2020). The effect of neuromuscular electrical stimulation on muscle EMG activity and the initial phase rate of force development during tetanic contractions in the knee extensor muscles of healthy adult males. *Physical Therapy Research*, E10030.

Olaru MA, Öztürk F. (1994). *Sportif Antrenman Teori ve Medoloji*, Çukurova Üniversitesi Basımevi.

Pajerska, K., Zajac, T., Mostowik, A., Mrzyglod, S., & Golas, A. (2020). Post activation potentiation (ASP) and its application in the development of speed and explosive strength in female soccer players: A review.

Pinfildi CE, Andraus RAC, Iida LM, et al. (2018) Neuromuscular electrical stimulation of medium and low frequency on the quadriceps femoris. *Acta Ortopedica Brasileira*.26:346-349.

Porcari, J. P., Mclean, K. P., Foster, C., Kernozek, T., Crenshaw, B., and SWENSON, C. (2002). Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(2), 165-172.

Poulos N, Chaouachi A, Buchheit M, Slimani D, Haff GG, Newton RU, Germain PS. (2018). Complex training and countermovement jump performance across multiple sets: Effect of back squat intensity. *Kinesiology*.50:75–89.

Rahimi R. (2007). The acute effects of heavy versus light-load squats on sprint performance. *Phys Ed Sport* 5: 163–169.

Robbins DW. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *J Strength Cond Res*. 19: 453–458 [PubMed] [Google Scholar]

Ruben RM, Molinari MA, Bibbee CA, (2010). Childress MA, Harman MS, Reed KP, and Haff GG. The acute effects of an ascending squat protocol on performance during horizontal plyometric jumps. *J Strength Cond Res* 24: 358–369.

Saez Saez de Villarreal, E., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European journal of applied physiology*, 100(4), 393-401.

Sale D., (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine* 2004, 38, 386-387.

Sale DG (2002) Postactivation potentiation: role in human performance. *Exerc Sport Sci Rev* 30:138–143

Sarı, C., Koz, M., Salcman, V., Gabrys, T., & Karayigit, R. (2022). Effect of Post-Activation Potentiation on Sprint Performance after Combined Electromyostimulation and Back Squats. *Applied Sciences*, 12(3), 1481.

Sarramian VG, Turner AN, Greenhalgh AK. (2015). Effect of postactivation potentiation on fifty-meter freestyle in national swimmers. *J Strength Cond Res*.29(4):1003–9.

Saygı, S. (2010). Orta Yaş Erişkin Bayanlarda Aerobik Antrenmana Eklenen Kuvvet Antrenmanlarının Maksimal Oksijen Tüketimi Gelişimine Etkisi. Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Sağlık Bilimleri Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Scott DJ, Ditroilo M and Marshall PA. (2017). Complex training: The effect of exercise selection and training status on postactivation potentiation in rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.31(10):2694-2703.

Seitz LB, de Villarreal ES, Haff GG. (2014) The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *J Strength Cond Res*, 28: 706-715

Seitz LB, Haff GG. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports Med* 46: 231–240.

Serin, E. (2015). Anaerobik dayanıklılık ile dikey sıçrama arasındaki ilişki (Yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya

Sevim, Y. (2002). Antreman Bilgisi. Nobel Yayın Dağıtım

Sharon AP, Denise LS. *Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance*. 2th ed, San Francisco: Benjamin Cummings Publishing, 2003.

Skurvydas, A., Jurgelaitiene, G., Kamandulis, S., Mickeviciene, D., Brazaitis, M., Valanciene, D., Karanauskiene, D., Mickevicius, M., Mamkus, G. (2019). What are the best isometric exercises of muscle potentiation? *European journal of applied physiology*, 119(4), 1029-1039.

Smith JC, Fry AC, Weiss LW, Li Y, and Kinzey SJ. (2001). The effects of high-intensity exercise on a 10-second sprint cycle test. *J Strength Cond Res* 15: 344–348.

Souza, B. C. S., de Lucena, J. M. R., de Almeida Neves, D., Pereira, L. C., dos Santos Barros, E., Tonello, L., ... & Silva, I. O. (2021). The Effect of Potentialization after Electro-Stimulation Activation on Vertical Heel Performance. *Health Science Journal*, 15(1), 1-5.

Söğüt, B. (2019). Alt Ekstremitte Fonksiyonel Performans Testlerini Etkileyen Faktörlerin Araştırılması. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Stone MHSands WPierce Ket al.(2008). Power and power potentiation among weightlifters: preliminary study. Int J Sports Physiol Perform. 3: 55–67 [PubMed] [Google Scholar]

Stout, JR, Cramer, JT, Zoeller, RF, Torok, D, Costa, P, Hoffman, JR, Harris, RC, and O’Kroy, J. (2007). Effects of beta-alanine supplementation on the onset of neuromuscular fatigue and ventilatory threshold in women. Amino Acids 32: 381–386.

Sygulla KS, Fountaine CJ. (2014). Acute post-activation potentiation effects in NCAA division II female athletes. International journal of exercise science.7(3):212.

Şimşek, B., (2002), Bayan voleybol oyuncularının sıçramada etkili alt ekstremitte parametrelerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması. Ankara üniversitesi. Yüksek lisans bitirme tezi. 9-10.

Terada S, Miaki H, Uchiyama K, Hayakawa S, Yamazaki T. (2013) Effects of isokinetic passive exercise and isometric muscle contraction on passive stiffness. J Phys Ther Sci.25(10):1347-52. doi:10.1589/jpts.25.1347.

Tillin Neale A., Bishop D. (2009). Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. Sports Medicine, 39(2), 147-166.

Tiryaki Sönmez G. Egzersiz ve Spor Fizyolojisi. (2002). 1. Baskı. Bolu: Birlik Yayıncılık,:182-196.

Tsoukos A, Brown LE, Terzis G, Veligeas P, Bogdanis GC. (2021). *J Strength Cond Res.* Feb 1; 35(Suppl 2):S72-S79

Tsoukos A, Brown LE, Veligeas P, Terzis G, Bogdanis GC *J Hum Kinet.* 2019 Aug; 68():81-98

Turgut, A., Çoban, G. Ö., Gelen, E. (2018). Dikey sıçrama performansının belirlenmesinde akıllı telefon uygulaması kullanılabilir mi? IJSETS, 4(2), 79-83. Doi: <https://doi.org/10.18826/useeabd.437153>

Turner AP, Bellhouse S, Kilduff LP, Russell M. (2015). Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise. *J Strength Cond Res.*29(2):343–50.

Ulutaş, N.S. (2014). Medial Menisküs Lezyonu Olan Hastalarda Q Açısının Değerlendirilmesi. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.

Vanderthommen, M., and Duchateau, J. (2007). Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exercise and sport sciences reviews*, 35(4), 180-185

Vandervoort, A. A., & McComas, A. J. (1983). A comparison of the contractile properties of the human gastrocnemius and soleus muscles. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 51(3), 435-440.

Wallace BJ, Shapiro R, Wallace KL, Abel MG and Symons TB. (2019). Muscular and neural contributions to postactivation potentiation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*.33(3):615-625.

Westerblad H, Lee JA, Lännergren J, Allen DG. (1991). Cellular Mechanism of Muscle Fatigue, *Am J Appl Physiol (cell Physiol)* 30, 261:195-209.

Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 854-859.

Winter E, Eston R, Lamb KL. (2001). Statistical analyses in the physiology of exercise and kinanthropometry. *Journal of sports sciences*.19(10):761-75.

Yağcı, S., Pelvan, S. O. (2019). Farklı Kasılma Çeşitlerinin Postaktivasyon Potansiyeline Etkisinin İncelenmesi. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri*, 11(3).

Yavuz, S. C. (2011). Effect of maximal exercise on percent body fat using bioelectrical impedance analysis in active males. *Journal of Human Sciences*, 8(1),820-828.

Yeşil A., (2011) Farklı Sürelerde Uygulanan Squatın Sıçrama Performansına Akut Etkisi. Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, , Sakarya.

Yetter M., Moir G. L. (2008). The acute effects of heavy back and front squats on speed during forty-meter sprint trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 159-65.

Young WB, Behm DG. (2003). Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness* 43: 21–27.

Zajac FE, Gordon ME. (1989). Determining muscle's force and action in multi-articular movement. *Exercise and Sport Sciences Reviews*.17:187–230. [PubMed] [Google Scholar]

Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. (2006). *Science and Practice of Strength Training*, Second Edition. Human Kinetics. 132.

Zhi, G, Ryder, JW, Huang, J, Ding, P, Chen, Y, Zhao, Y, Kamm, KE, and Stull, JT. (2005). Myosin light chain kinase and myosin phosphorylation effect frequency-dependent potentiation of skeletal muscle contraction. *Proc Natl Acad Sci* 29: 17519–17524.

Zimmermann, H. B., MacIntosh, B. R., & Dal Pupo, J. (2020). Does postactivation potentiation (ASP) increase voluntary performance? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(4), 349-356.



EKLER

EK- 1 Aydınlatılmış Onam Formu

ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

Araştırma Amaçlı Çalışma İçin Aydınlatılmış Onam Formu sporcularda performans artışı ilgili yeni bir araştırma yapmaktayız. Araştırmanın ismi “Elektriksel kas uyarımının post aktivasyon potansiyeli üzerindeki etkisinin incelenmesi” dir. Sizin de bu araştırmaya katılmanızı öneriyoruz.

Sizi, sorumlu araştırmacılığını Gazi Üniversitesi Hareket ve Antrenman Bilimi bölümü Öğretim Üyesi Doç.Dr. Gökhan DELİCEOĞLU'nun üstlendiği “Elektriksel kas uyarımının post aktivasyon potansiyeli üzerindeki etkisinin incelenmesi” başlıklı araştırmaya davet ediyoruz. Bu araştırmada EMS (elektromyostimulasyon) akımı uygulamasının patlayıcı güç gelişimine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmada EMS uygulaması ve maksimum sıçrama testi kullanılarak verilere ulaşılabilecektir. Araştırmaya sizin dışınızda katılmayı kabul eden diğer sporcular da katılacaktır. Araştırma kapsamında sizinle birlikte 20 gönüllü patlayıcı güç gerektiren branş sporcusu ile araştırmanın yapılması hedeflenmektedir. Araştırma bir gün içerisinde uygulama öncesi ve sonrası şeklinde yapıp sonlandırılacaktır. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır.

Çalışmanın amacına ulaşabilmesi için size sunulan programının eksiksiz olarak, mümkün olduğunca yüksek performans sergileyerek uygulamanız istenmektedir. Bu formu okuyup onaylamanız araştırmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir süre zarfında çalışmayı bırakma hakkına da sahipsiniz. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler sadece bu çalışma için tamamen bilimsel araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. Bu araştırma ile EMS uygulamasının, sporcularda patlayıcı güç gelişimi parametreleri üzerine etkisi değerlendirilecektir.

Çalışmada ön görülen herhangi bir risk bulunmamaktadır. Araştırma için etik kuruldan olumlu görüş alınmıştır ve araştırma bilgileri etik kurula açıktır. Araştırmanın amacı ile bilgi verilen bu bilgiler dışında, eğer şimdi veya daha sonra ek bilgiye ihtiyaç duyarsanız araştırmacıya şimdi sorabilir veya ender.kaya@gsb.gov.tr e-posta adresi ve 544 841 55 08 numaralı telefondan ulaşabilirsiniz. Araştırma tamamlandığında genel size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

EK- 2 Katılımcı Beyanı

(Katılımcının Beyanı)

Sayın Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU tarafından Ankara Olimpiyat Hazırlık Merkezi Performans Ölçme Ve Değerlendirme Biriminde yapılacağı belirtilerek bu araştırma ile ilgili yukarıdaki bilgiler bana aktarıldı. Bu bilgilerden sonra böyle bir araştırmaya "katılımcı" olarak davet edildim.

Eğer bu araştırmaya katılırsam hekim ile aramda kalması gereken bana ait bilgilerin gizliliğine bu araştırma sırasında da büyük özen ve saygı ile yaklaşılacağına inanıyorum. Araştırma sonuçlarının eğitim ve bilimsel amaçlarla kullanımı sırasında kişisel bilgilerimin ihtimamla korunacağı konusunda bana yeterli güven verildi. Projenin yürütülmesi sırasında herhangi bir sebep göstermeden araştırmadan çekilebilirim. (Ancak araştırmacıları zor durumda bırakmamak için araştırmadan çekileceğimi önceden bildirmemim uygun olacağına bilincindeyim) Ayrıca tıbbi durumuma herhangi bir zarar verilmemesi koşuluyla araştırmacı tarafından araştırma dışı tutulabilirim.

Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altına girmiyorum. Bana da bir ödeme yapılmayacaktır.

İster doğrudan ister dolaylı olsun araştırma uygulamasından kaynaklanan nedenlerle meydana gelebilecek herhangi bir sağlık sorunumun ortaya çıkması halinde, her türlü tıbbi müdahalenin sağlanacağı konusunda gerekli güvence verildi. (Çalışma ile ilgili olarak da parasal bir yük altına girmeyeceğim).

Araştırma sırasında bir sağlık sorunu ile karşılaştığımda; herhangi bir saatte, Doç. Dr. Gökhan DELİCEOĞLU'nu 0533 573 01 33(cep) no'lu telefondan ve Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı adresinden arayabileceğimi biliyorum.

Bu araştırmaya katılmak zorunda değilim ve katılmayabilirim. Araştırmaya katılmam konusunda zorlayıcı bir davranışla karşılaşmış değilim. Eğer katılmayı reddedersem, bu durumun tıbbi bakımına ve hekim ile olan ilişkiime herhangi bir zarar getirmeyeceğimi de biliyorum. Bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılıyla anlamış bulunmaktayım. Kendi başıma belli bir düşünme süresi sonunda adı geçen bu araştırma projesinde "katılımcı" olarak yer alma kararımı aldım.

Bu konuda yapılan daveti büyük bir memnuniyet ve gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

İmzalı bu form kağıdının bir kopyası bana verilecektir.

Katılımcı

Görüşme Tanığı

Katılımcı ile Görüşen Araştırmacı

Adı Soyadı :

Adres :

Tel.:

Tarih :

İmza :

