

**T.C.
BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜZİK ANASANAT DALI
PERFORMANS TEZLİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**APOYANDO VE PİKADO TEKNİKLERİNDE SAĞ EL
PARMAKLARININ KİNEMATİK ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRMASI**

HAZIRLAYAN

MAHMUT FERDA ŞENEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ CEM ÇELİKSIRT

ANKARA - 2021

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 11 / 06 / 2021

Öğrencinin Adı, Soyadı: Mahmut Ferda ŞENEL

Öğrencinin Numarası: 21910129

Anabilim Dalı: Müzik Anasanat Dalı

Programı: Performans Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Cem ÇELİKSIRT

Tez Başlığı: Apoyando ve Pikado Tekniklerinde Sağ El Parmaklarının Kinematik Analizi ve Karşılaştırması.

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 102 sayfalık kısmına ilişkin, 11 / 06 / 2021 tarihinde tez danışmanım tarafından “Turnitin” adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 6’dır. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

ONAY

Tarih: 11 / 06 / 2021

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Dr. Öğr. Üyesi Cem ÇELİKSIRT

Beni sevgi ve özveriyle yetiştiren, bugünlere gelmemi sağlayan sevgili babama ve anneme ithaf ediyorum...



TEŞEKKÜR

Araştırmamdaki katkı ve yardımları için hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Cem Çeliksirt'a, yapıcı yönlendirmeleri için Konservatuvar Müdürü Prof. M. Ertuğrul Bayraktarkatal'a, değerli fikirleri ve destekleri için Sahne Sanatları Bölüm Başkanı Prof. M. Kamerhan Turan'a, eğitimimdeki katkılarından dolayı hocalarım Prof. Fazlı Orhun Orhon, Prof. Dr. Mehmet Emin Göktepe ve Prof. Dr. İrfan Erdoğan' a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ek olarak, olumlu teşviki ve teknik desteğinden dolayı ablam Prof. Dr. Sevda Şenel'e, gösterdikleri sabır ve anlayıştan dolayı eşim Filiz ve oğlum Mert'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Şenel, M.F. Apoyando ve pikado tekniklerinde sağ el parmaklarının kinematik analizi ve karşılaştırması. Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Müzik Anasanat Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2021.

Klasik gitar repertuvarında, özellikle İspanyol bestecilerin konçertolarında, hızlı çalınması gereken gamlar bulunmaktadır. Bu gamların oldukça seri şekilde çalınması ancak doğru bir teknikle başarılabilmekte ve eserin bütünsel müzikalitesi için büyük önem taşımaktadır. Klasik ve Flamenko gitar ustalarının kendilerine has apoyando veya pikado teknikleri olmasına rağmen çalış hızları değişkenlik göstermektedir. Literatürde, sağ el tekniğiyle ilgili çeşitli araştırma ve tezler mevcuttur. Ancak bu çalışmalarda sağ el duruşu ve parmak hareketleri, niteliksel tanımlamalarla anlatılmıştır. Mevcut çalışmamda ise, yüksek apoyando veya pikado hızına ulaşabilen gitaristlerin parmak hareketleri ve eklem açıları incelenmiştir. Yüksek hızlara çıkmayı sağlayan sağ el parmak hareketlerinin niceliksel olarak tanımlanması hedeflenmiştir. Çalışmamın diğer bir amacı da, gitaristlerin, farklı apoyando ve pikado tekniklerini daha kolay anlamalarını sağlayabilecek, kendi tekniklerini geliştirmelerine katkısı olabilecek ve tekniklerini öğrencilerine daha kolay aktarabilecekleri bilimsel bir bakış açısı sunmaktır. Araştırmamda, kendi alanlarında usta kabul edilen üç gitaristin (Paco de Lucia, Pepe Romero ve Grisha Goryachev) hızlı gamlar sırasındaki parmak hareketleri incelenip, kinematik analizleri yapılmıştır. Üç gitaristin parmak açıları karşılaştırılmış ve bu açılarla ulaştıkları hızlar arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu araştırmada elde edilen bulgular, mümkün olan en yüksek hıza çıkmak için, gam sırasında sağ el metacarpofalangeal (MP) eklemin 10 dereceden fazla hareket etmemesi gerektiğini göstermiştir. Buna ek olarak, distal interfalangeal (DIP) eklemini fazla hareket ettirmeden, asıl hareketin proksimal interfalangeal eklem (PIP) merkezli yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede, oldukça kuvvetli vuruş elde edilirken parmağın telden havalanma mesafesinin de en aza indirildiği tespit edilmiştir. Gam icrası sırasında parmak ucu (distal falanks) havalanma mesafesinin, minimal fizik havalanma mesafesi olan 0.56 cm'ye mümkün olduğunca yakın olması gerekmektedir. Sonuç olarak, hızlı gam icrasında, nihai hedef olan düşük parmak havalanma mesafesini elde etmek için, MP ekleminin açısı sınırlı tutulurken, hareketin asıl merkezi PIP eklemi olmalı ve DIP ekleminin açısı da mümkün olduğunca korunmalıdır. Bu çalışmada, sağ el tekniği en ince ayrıntılarına kadar matematiksel olarak analiz edilmiştir. Niceliksel datalar eşliğinde ortaya konulan parmak

kinematiğinin, başta hızlı apoyando veya pikado tekniğini geliştirmek isteyenler olmak üzere tüm gitaristlere faydalı bir matematiksel model olacağı kanaatindeyim.

Anahtar Kelimeler: Klasik gitar, sağ el tekniğı, parmak açısı, vuruş hız, apoyando, pikado, kinematik



ABSTRACT

Şenel, M.F. Kinematic analysis and comparison of right hand fingers in apoyando and pikado techniques. Baskent University, Institute of Social Sciences, Department of Musical Arts, Master Thesis, Ankara, 2019

In the classical guitar repertoire, especially in the concertos of Spanish composers, there are scales that should be played rapidly. Playing these scales quite rapidly can only be done with the right technique and is extremely important for the holistic musicality of the work.

Although classical and flamenco guitar masters have their own apoyando or pikado techniques, their playing speed varies. There are various studies and theses about right hand technique in the literature. However, in these studies, right hand posture and finger movements are described with qualitative definitions. In my current study, finger movements and joint angles of guitarists who can reach high apoyando or picado speed were examined. It is aimed to quantitatively describe the right hand finger movements that enable high speeds. Another purpose of my study is to present a scientific perspective that will enable guitarists to understand different apoyando and picado techniques more easily, contribute to the development of their own techniques, and transfer their techniques to their students more easily. In my research, finger movements during fast scales of three guitarists (Paco de Lucia, Pepe Romero and Grisha Goryachev) who are considered masters in their fields were examined and kinematic analyzes were made. The finger angles of the three guitarists were compared and the relationship between these angles and the speeds they reached was examined. The findings of this study showed that in order to reach the highest possible speed, the right hand metacarpophalangeal (MP) joint should not move more than 10 degrees during the performance of the scale. In addition, it was concluded that the main movement should be centered on the proximal interphalangeal joint (PIP) without moving the distal interphalangeal (DIP) joint too much. It has been determined that, in this way, the distance of the finger from the string (lift-off distance) is minimized while a very strong stroke is achieved. During a performance, the fingertip (distal phalanx) lift-off distance should be as close as possible to the minimal physical lift-off distance of 0.56 cm. As a result, to achieve the ultimate goal of low finger lift-off distance during performing rapid scales, guitarist should keep the MP angle very limited, while the center of motion to be the PIP joint, and maintain the stability of the DIP joint as much as possible. In the current study, the right hand technique has been

mathematically analyzed in details. I believe that the finger kinematics, which were presented with quantitative data, will be a useful mathematical model for all guitarists, especially those who want to develop the fast apoyando or pikado technique.

Keywords: Classical guitar, right hand technique, finger angle, stroke velocity, apoyando, pikado, kinematics



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR ve TERİMLER LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
1.1. Klasik Gitar Teknikleri ile İlgili Yapılmış Olan Güncel Çalışmalar	1
1.2. Araştırmanın Problemi	3
1.2.1. Alt Problemler	4
1.3. Araştırmamın Amacı	5
1.4. Varsayımlar	5
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	5
1.6. Araştırmanın Önemi ve Farkları	6
1.7. Araştırmanın sağlayacağı faydalar	6
2. GENEL BİLGİLER	8
2.1. El Anatomisi ve Fizyolojisi	8
2.2. Kinematik ve Kullanım Alanları	11
2.3. Gitarın Tarihi	13
2.4. Sağ El Gitar Teknikleri ve Gelişim Süreci	14
2.4.1. Tirando, apoyando ve pikado	19
2.4.2. Sağ el üç parmak (a-m-i) tekniği	23
2.4.3. Tremolo ve arpej	24
2.5. El Biyomekaniği ve Gitar Tekniği	25
2.5.1. Gitarın biyomekaniği ve diğer çalgılardan farkı	28
2.6. Yaylı Çalgılar ve Piyanonun Çalış Biyomekaniği	28

2.6.1. Yaylı çalgılarda kol ve el biyomekaniği	28
2.6.2. Piyanoda kol ve el biyomekaniği	29
3. YÖNTEM	30
3.1. Kinematik Analizler İçin Örnek Seçimi	30
3.1.1. Analizlere dahil edilen gitaristler hakkında bilgi	31
3.1.1.1. Paco De Lucia	31
3.1.1.2. Pepe Romero	32
3.1.1.3. Grisha Goryachev	33
3.2. Önkol-el (Bilek) Açısı Analizi	34
3.3. Sağ El Parmaklarının Kinematik Analizi	34
3.4. Dakika Başına Düşen Vuruş Sayısının Hesaplanması	39
3.5. Kullanılan İstatistiksel Analiz Yöntemleri	39
3.6. Analizlerin Önündeki Kısıtlamalar	39
4. BULGULAR	41
4.1. Pepe Romero	41
4.1.1. Önkol-el eklemi	41
4.1.2. Parmakların Kinematik Analizi	42
4.1.3. Dakikadaki vuruş sayısı	46
4.2. Paco de Lucia	47
4.2.1. Önkol-el eklemi.....	47
4.2.2. Parmakların kinematik analizi	49
4.2.2.1. İşaret parmağı (i)	49
4.2.2.2. Orta parmak (m)	52
4.2.3. Dakikadaki vuruş sayısı	53
4.3. Grisha Goryachev	53
4.3.1. Önkol-el eklemi	53
4.3.2. Parmakların Kinematik Analizi	54
4.3.3. Dakikadaki vuruş sayısı	55
4.4. Gitaristlerin Kinematik Analizlerinin Karşılaştırması	55
4.4.1. Önkol-el eklemi	55
4.4.2. Parmakların Kinematik Analizi	56
4.4.2.1. MP Eklemi	56
4.4.2.2. PIP Eklemi	59
4.4.2.3. DIP Eklemi	60

4.4.2.4. Parmak Ucu Havalanması	61
4.4.3. Parmakların Hız Analizi	61
4.4.4. Parmak Açılı ve Hız Korelasyon Analizi	65
4.4.4.1. MP Eklemleri	65
4.4.4.2. PIP Eklemleri	66
4.4.4.3. DIP Eklemleri	67
4.5. Bulguların Özeti	68
4.5.1. Sonuçlar	68
4.5.2. Çıkarımlar	69
4.5.3. Öneriler	70
5. YORUM ve TARTIŞMA	71
6. KAYNAKLAR	81

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Gitaristlerin gam icrasında önkol-el eklem açısındaki minimum, maksimum ve ortalama değışiklikler	55
Tablo 4.2. Her iki gitarcının parmak eklemlerinin maksimum - minumum hareket açıları ve max-min arasındaki açı farkı	56
Tablo 4.3. Gitaristlerin pasaj boyunca MP eklemlerinin aldıkları farklı açı değeri	57
Tablo 4.4. Paco ve Romero'nun gam icrası sırasında MP eklem açılarının karşılaştırması.....	58
Tablo 4.5. Paco ve Grisha'nın gam icrası sırasında MP eklem açılarının karşılaştırması.....	58
Tablo 4.6. Grisha ve Romero'nun gam icrası sırasında MP eklem açılarının karşılaştırması.....	59
Tablo 4.7. Üç gitaristin PIP eklem açılarının karşılaştırması.....	60
Tablo 4.8. Üç gitaristin DIP eklem açılarının karşılaştırması.....	60
Tablo 4.9. Paco, Romero ve Grisha'nın dakikadaki vuruş hız (BPM) ortalamalarının karşılaştırması.....	61
Tablo 4.10. Paco ve Grisha'nın parmak hızlarının karşılaştırması	62
Tablo 4.11. Paco ve Romero'nun parmak hızlarının karşılaştırması	63
Tablo 4.12. Grisha ve Romero'nun parmak hızlarının karşılaştırması	64
Tablo 4.13. MP eklem açısı ve vuruş hızı arasındaki ilişki	65
Tablo 4.14. PIP eklem açısı ve vuruş hızı arasındaki ilişki.....	66
Tablo 4.15. DIP eklem açısı ve vuruş hızı arasındaki ilişki.....	67

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İnsan beyninin ve motor korteksin bölümleri.....	8
Şekil 2.2. El kemikleri.....	9
Şekil 2.3. Parmak hareketleri.....	10
Şekil 2.4. Elin iç kasları.....	10
Şekil 2.5. Apoyando ve pikado sırasında parmak hareketlerinde en fazla etkili olan kaslar.....	11
Şekil 2.6. Cismin vektörel hareketi.....	12
Şekil 2.7. 1888 yapımı Torres gitar.....	14
Şekil 2.8. Aguado'nun tripod kullanımı.....	16
Şekil 2.9. Fernando Sor'un gitar tutuş pozisyonu.....	16
Şekil 2.10. Carcassi ve Tarrega'nın oturuş ve gitar tutuş pozisyonları.....	17
Şekil 2.11. El bileğini aşağı bükerek çalma tekniği.....	18
Şekil 2.12. El bileğini düz tutarak çalma tekniği.....	19
Şekil 2.13. Sor'un metodundaki sağ el tekniği.....	20
Şekil 2.14. Pikado tekniğinde önkol ve el duruşu.....	21
Şekil 2.15. Andre Segovia'nın sağ önkol-el açılanması.....	22
Şekil 2.16. Julian Bream'ın sağ önkol-el açılanması.....	22
Şekil 2.17. Yepes'in a-m-i kullanarak çaldığı bir gam.....	23
Şekil 2.18. Brouwer'in gamları üç parmakla çalma tekniği.....	23
Şekil 2.19. Flamenko gitarda geleneksel tremolo tekniği, p-i-a-m-i (beşleme).....	24
Şekil 2.20. Giuliani'nin metodundaki 96 numaralı tremolo egzersizi.	24
Şekil 2.21. Regondi'nin Nocturne (op 19) adlı bestesi.....	25
Şekil 2.22. El bileği açısındaki değişime karşı parmaklar arasındaki açılarının değişimi....	26
Şekil 2.23. Parmak eklemlerinin gerilim kuvvetleri.....	27
Şekil 3.1. El-bilek açısının hesaplanması.....	34
Şekil 3.2. El anatomisi ve referans bölgeleri.....	35
Şekil 3.3. Eklemler ve falanksların işaretlenmesi.....	36
Şekil 3.4. Parmaktaki en dar ve en geniş açılarının belirlenmesi.....	37
Şekil 3.5. Eklem hareket açısının belirlenmesi.....	37
Şekil 3.6. Parmak ucu havalanma mesafesinin hesaplanması.....	38

Şekil 4.1. Pepe Romero'nun bilek açısı değişimi.....	41
Şekil 4.2. Romero'nun işaret parmağı (i) ile tel arasındaki açı.....	42
Şekil 4.3. Pepe Romero'nun parmak hareketlerini gösteren seri fotoğraflar.....	43
Şekil 4.4. Pepe Romero'nun gam sırasındaki tüm parmak hareketlerinin çizgisel animasyonu.....	43
Şekil 4.5. Pepe Romero'nun tüm gam boyunca ölçülen parmak açıları.....	44
Şekil 4.6. Pepe Romero'nun DIP eklemindeki bükülme.....	45
Şekil 4.7. Pepe Romero'nun parmak ucu (distal falanks) havalanma yüksekliği.....	46
Şekil 4.8. Paco de Lucia'nın tel geçişleri sırasındaki bilek açıları.....	47
Şekil 4.9. Hızlı pasajlarda Paco de Lucia'nın parmağının tele vuruş açısı.....	48
Şekil 4.10. Teller arasındaki mesafe (1cm).....	48
Şekil 4.11. Romero'nun vuruşlar sırasında tele temas eden tırnak bölgesi.....	49
Şekil 4.12. Paco de Lucia'nın pikoda sırasında kullandığı “i” ve “m” parmakları.....	50
Şekil 4.13. Paco de Lucia'nın pikado sırasındaki parmak hareketleri.....	50
Şekil 4.14. Paco de Lucia'nın parmak ucu (distal falanks) havalanma yüksekliği (h:0.76cm).....	51
Şekil 4.15. Parmak alt ve üst tele değerken ekleme açıları ve havalanma yüksekliği.....	51
Şekil 4.16. Paco de Lucia'nın orta parmak hareket açıları.....	52
Şekil 4.17. Paco de Lucia'nın orta parmak ucu (distal falanks) havalanma yüksekliği.....	53
Şekil 4.18. Grisha Goryachev'in pikado sırasındaki el-bilek açısı değişimi.....	54
Şekil 4.19. Grisha Goryachev'in pikado sırasındaki tüm parmak hareketleri ve açısı değişimleri.....	54
Şekil 4.20. Gitaristlerin parmak havalanma miktarı (cm).....	61

KISALTMALAR ve TERİMLER LİSTESİ

Tezimde kullandığım terimlerin bir kısmı standart olarak kullanılmayıp bu çalışmaya has terimler olmuştur. Ek olarak, bazı tıbbi terimler de kullanıldığı için, konuların daha net anlaşılabilmesi ve kavramlarda karışıklık oluşmaması açısından, kısaltmalara ek olarak, kullanacağım terimlerin de tanımlamasını yaptım.

Kısaltmalar

a: Yüzük parmağı (annularis)

i: İşaret parmağı (index)

m: Orta parmak (medius)

p: Başparmak (pollex)

BPM: Dakikadaki vuruş sayısı

DIP eklemi: Parmak ucuna en yakın eklem.

MP eklemi: Parmak hareketinde, ele en yakın olan birinci eklem.

PIP eklemi: Parmağın yaklaşık olarak ortasındaki ikinci eklem.

Terimler

Eklem hareket açısı: Eklemde, hareket öncesi ve sonrası oluşan açılarının matematiksel farkı.

Ekstansör kas: Gerici kas

Falanks: Parmaklardaki kemikler

Fleksör kas: Bükücü kas

Fleksiyon: İç bükülme

Ekstansiyon: Gerilme (dış bükülme)

Kinematik: Hareketi, sebep ve tesirlerini göz önüne almadan inceleyen mekaniğin bir bölümü.

Kinematik analiz: Hareketli bir cismin hareket şeklini anlamak amacıyla yapılan niceliksel ölçümler (mevcut çalışmada hareketli cisim parmaklar).

Maksimum hareket açısı: Parmağın tele vuruşları sırasında eklemden oluşan en yüksek açı değişikliği. Alt tellere doğru yapılan vuruşlarda (aşağı yönlü hareket) gözenen açı.

Metacarp: Eldeki uzun kemiklerin her biri

Minimum hareket açısı: Parmağın tele vuruşları sırasında eklemden oluşan en düşük açı değişikliği. Aynı telde veya üst tellere doğru yapılan vuruşlarda (yukarı yönlü hareket) gözenen açı.

Önkol-el eklem hareket açısı: Farklı tellerde yapılan vuruşlar sırasında el bileğinin yana doğru yaptığı açı değişikliği

Parmak eklem hareket açısı: Parmağın tele bir kez vurup kalkması sırasında eklemden oluşan açı değişikliği

Parmak ucu havalanması: Parmağın tele vurmak için havaya kalktığında tele olan mesafesi

Stabil eklem: Maksimum ve minimum hareket açıları arasındaki farkın düşük olması. Yani, gerek aşağı yönlü, gerekse yukarı yönlü çalınan gamlarda parmak açılarında düşük derecede açı değişimi gözlenmesi durumu.

Vuruş hızı: Gam performansı sırasında gitaristin birim zamanda yaptığı parmak vuruş sayısı.

1. GİRİŞ

1.1. Klasik Gitar Teknikleri ile İlgili Yapılmış Olan Güncel Çalışmalar

Çalışmama başlarken, gitar teknikleri konusunda ulaşabildiğim tüm kaynakları taradım. Bunların çoğunun tam metnine, bazılarının da özetlerine ulaşabildim. İnternet üzerinden bulabildiğim makale, tez, kitap ve metodlar çalışmamdaki temel kaynakları oluşturmuştur.

Klasik gitarda sağ el teknikleri konusunda birçok makale, tez, kitap ve gitar metodu mevcuttur. Bir araştırmada, 1986-2015 yılları arasında gitar ile ilgili toplam 120 adet çalışma yapıldığı belirlenmiştir (Alyörük, 2016). Bu çalışmaların 89'u yüksek lisans, 23'ü doktora, 8'i sanatta yeterlik tezidir. Bu tezlerden sadece biri sağ el tekniği konusunda yazılmıştır (Şaklar, 2001). Klasik gitarda sağ el tekniği konulu bu tez çalışmasında Şaklar temel olarak sağ el tutuşu, parmak pozisyonları ve ses kalitesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak, parmak açılarına ve hareketin detaylarına değinmemiştir.

Ülkemizde özengen müzik eğitimi kurumları içerisinde “*Klasik gitar eğitiminde kullanılan metot ve yöntemleri*” konulu bir çalışmada, eğitmen ve öğrenci tutumlarının, hedeflerin ve bu süreçte ortaya çıkan problemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir (Özdek, 2006). Değerlendirme sonunda, özengen müzik eğitimi veren kurumların bir araya gelerek kendi kendilerini denetleme sistemini de içeren bir ortak yapıda örgütlenmesinin ve nitelikli bir müzik eğitimi için yeterli birikime sahip eğitimcilerin bulunduğu bir ortamın yaratılmasının gerekliliği vurgulanmıştır. Klasik gitar eğitimiyle ilgili yayınlanan bir araştırmada, çalgı için gerekli pozisyonun sağlanması, deşifre, çalışma disiplini, teknik yeterlilik ve müzikal yorum gibi konular ana hatlarıyla incelenmiştir. Esas olarak eğitmen ve öğrenci ilişkisi üzerinde yoğunlaşan bu çalışmada teknikle ilgili herhangi bilgi verilmemiştir (Önder, 2019).

Yapılan yakın tarihli bir araştırmada, ülkemizde klasik gitarla ilgili yazılan tezler içerik yönünden incelenmiş ve 20'sinin gitar eğitimi konusunda olduğu saptanmıştır (Em ve Yöndem, 2018). Eğitimle ilgili tez çalışmalarının neredeyse tamamına yakını başlangıç düzeyindeki gitar öğrencilerine yönelik eğitim sistemleri konusundadır.

Kırıkkale Üniversitesi Müzik bölümünde yapılan bir çalışmada ülkemizde 1994-2011 yılları arasında yazılmış müzik konulu kitaplara ulaşmak amacı ile Milli Kütüphane arşivi taranmıştır (Çakıroğlu ve Çaydere, 2016). Toplam 1424 kitabın incelendiği bu çalışmada klasik Türk sanat müziği konulu 129, Türk halk müziği konulu 181, müzik bibliyografyası konulu 4,

batı müziği konulu 83, müzik eğitim ve öğretimi konulu 433, çalgı eğitim ve öğretimi konulu 184 kitap ve müzik konulu 14 ansiklopedik eser yazıldığı görülmektedir. Çalgı eğitimi konusundaki kitapların 50'si gitar konusundadır. Görüldüğü üzere, müzikle ilgili yazılan eserlerin çok az bir kısmı klasik gitar konusundadır.

Andres Segovia'dan (1893-1987) günümüze usta gitaristlerin sağ el tekniklerini inceleyen 2019 tarihli bir tez, bu konuda yapılan en yeni araştırmalardandır (Akbulut, 2019). Tarihsel süreç içerisinde, Aguado, Sor, Pujol, Quine, Tennant, Taylor, Wade ve Werner gibi gitarist, besteci ve eğitimcilerin, sağ el tekniği üzerine yazdığı metodlar, yaptığı çalışmalar ve vardıkları sonuçlara bu araştırmada yer verilmiştir. Bu araştırmada, birçok usta gitaristin sağ el pozisyonları, bilek açıları, parmak hareketleri, tırnak şekilleri detaylı olarak irdelenmiş olsa da, sağ el teknikleri sadece niteliksel olarak anlatılmış olup, herhangi bir sayısal veri sunulmamıştır.

Çağdaş gitar teknikleri konusunda bir makalede, gitardan farklı sesler elde etme teknikleri üzerinde durulmuştur (Çoğulu ve Beşiroğlu, 2013). Bu çalışmada Çoğulu, mikrotonal tekniklerden bahsetmiş, sol el ve sağ el parmaklarıyla farklı sesler elde edilmesi üzerinde durmuştur. Başka bir çalışmadaysa araştırmacılar, sağ el tekniğinde tırnak kullanımını incelemişlerdir (Can & Yılmaz, 2019). Araştırmacılar bu çalışmada, gitaristlerin önündeki en önemli sorunlardan biri olan tırnak kırılmasına karşı alınacak önlemleri de belirtmişlerdir. Gitarda sağ el tekniği ve ekolleri inceleyen bir çalışmadaysa günümüze kadar geliştirilmiş olan teknikler özetlenmiştir (Cangökçe, 2013). Gitar sağ el tekniğini, tarihsel gelişim süreci içerisinde irdelleyen ve farklı ekollerden bahseden bu çalışma, genel bilgiler vermekte ve farklı sağ el tekniklerinin resimlerini içermekte olup detaylı ve niceliksel tanımlamalar içermemektedir. Flamenko sanatının kültürel etkileşim süreci ile gitar icracılığının teknik özelliklerinin incelenmesini konu alan bir çalışmada, apoyanda ve pikado teknikleri resimlerle anlatılmış, ancak detaylı ve niceliksel tanımlamalara yer verilmemiştir (Uludağ, 2008).

Güney Afrika'da yazılan bir tez'de, gitar sağ el tekniği ve ses tonu arasındaki bağlantı incelenmiştir (Roos, 2009). Sağ el tekniğinin tarihsel gelişim sürecini anlatan bu detaylı çalışma, gitar tutuşundan sağ el bileğinin duruşuna ve parmakların pozisyonuna kadar birçok konuda tanımlamalara yer vermiştir ancak sağ ele parmaklarına ilişkin açısız veriler içermemektedir. Yakın zamanda Hindistan'da yapılan bir doktora tez çalışmasındaysa 19. yüzyıldan itibaren kullanılan temel gitar teknikleri anlatılmıştır (Tsai., 2018). Tsai, çalışmada sağ el ve tırnak kullanımıyla ilgili detaylı tanımlamalara yer vermiştir. Çalışmada, Aguado, Sor, Carlevaro, Romero, Shearer ve Duncan gibi gitaristlerin sağ el parmak

vuruşlarıyla ilgili tanımlamalar ve karşılaştırmalar yer alsa da, bunlar niteliksel ifadelerle anlatılmıştır.

ABD’de yayınlanan bir araştırmada, elin anatomisi dikkate alınarak, el sakatlanmasını en aza indirgeyen sağ el tekniği tarif edilmiştir (Bosi, 2017). Bosi çalışmasında, median sinir sıkışmasına bağlı ortaya çıkabilen “median nevrit”, “karpal tünel sendromu” ve benzeri sinir hasarları üzerinde durularak bunları önleyecek gitar tutuş pozisyonları irdelenmiştir. Araştırmacı, sinir ve tendon hasarlarını önlemek için en önemli noktanın, gitar icra ederken sağ elin doğal pozisyonunu korumak ve gereksiz eklem bkmelerinden kaçınmak olduğunu belirtmiştir. Ek olarak, performans sırasında sağ bileğini klasikilere göre daha fazla bükerek pikado çalan flamenko gitaristlerin, sağ el yaralanmalarına daha yatkın olduğundan bahsedilmiştir. Belçika’dan bir grup araştırmacı, geliştirdikleri bir bilgisayar yazılımı sayesinde, gitardan çıkan sesin özelliğine göre, kullanılan sağ el tekniğini tespit etmeyi başarmışlardır (Reboursire et al., 2012). Ancak yazılımın ayırt edebildiği teknikler oldukça sınırlı sayıdaki sağ el vuruşlarını içermektedir.

Özetle, günümüze kadar gitar ve sağ el tekniğiyle ilgili yapılan çalışmalarda, niteliksek tanımlamalar ve sübjektif tarifler ön plana çıkmakta olup, teknik detaylar resim veya çizimlerle anlatılmaya çalışılmıştır. Tekniğin detaylarını objektif ve niceliksel verilerle tanımlamayan çalışmaların, usta gitaristlerin sağ el tekniğinin altında yatan ince noktaları aydınlatmakta yeterli olmadığı kanaatindeyim. Literatürde gördüğüm bu boşluk, beni mevcut çalışmama yönlendiren en önemli itici güç olmuştur.

1.2. Araştırmanın Problemi

Birçok gitar eserinde hızlı pasajlar, yani gamlar bulunmaktadır. Özellikle İşpanyol asıllı bestecilerin gitar konçertolarında, gamların yeterince hızlı alınmaması eseri önemli ölçüde sıkıntıya düşürmekte, müzikaliteyi olumsuz etkilemekte ve bu nedenden dolayı eserden istenilen etki alınamamaktadır. Florida niversitesinde yapılan bir çalışmada, Rodrigo’nun eserlerini icra ederken gitaristlerin bazı flamenko teknikleri kullanmalarının önemi vurgulanmıştır (Ciulei, 2013). Yeterli yükseklikte ve kaliteli sesin elde edilmesi için bu gamların kapalı vuruş, yani apoyando çalınması önerilir. Klasik gitaristlerin, özellikle İşpanyol bestecilerin eserlerini başarılı şekilde alabilmeleri için apoyando tekniğini çok iyi uygulamaları gerekir. Bu kapsamda, araştırmanın ana problem cümlesi “apoyando tekniğinin en başarılı şekilde uygulanması nasıl mümkün olabilir” şeklinde ifade edilebilir.

Varsayım: Bu nedenle, sağ el tekniğinin detaylarının çok iyi incelenmesi ve aç-hareket ilişkilerinin objektif veriler eşliğinde tanımlanması, yani parmak kinematığının net olarak anlaşılması gerekmektedir.

1.2.1. Araştırmanın Alt Problemleri

1. Usta gitarist kendi sağ el tekniğini öğrencilerine niceliksel, etkin ve kolay anlaşılır bir şekilde nasıl anlatabilir?

Klasik gitarcuların apoyando ve, bu tekniğin hızlı modifikasyonu olan pikado tekniği birçok kaynaktan tarif edilmişse de bunlar, niteliksel tanımlamalar olup objektif kriter ya da niceliksel veriler içermemektedir. Çalışmalarda veya gitar metodlarında sağ el tekniği, öznel betimlemeler ve resimlerle anlatılmaya çalışılmıştır. Objektif olmayan niteliksel tanımlamalar, sağ el tekniğinin öğrenciler tarafından anlaşılmasını ve tekniğin kalıcı hale gelmesini zorlaştırmaktadır.

2. Usta gitaristlerin sağ el tekniklerinin altında yatan sırlar nelerdir?”

Yaptığım literatür taramalarında, başarılı şekilde apoyando veya pikado tekniğini kullanan klasik ve flamenko gitar ustalarının sağ el parmak vuruşlarını niceliksel olarak tanımlayan bir kaynağa rastlamadım. Özellikle flamenko gitaristlerin tekniği, usta-çırak ilişkisiyle, eskiden “alaylı” denilen yöntemle anlatılmakta ve sadece sınırlı sayıdaki kişi işin sırrına vakıf olabilmektedir. Gitaristler, alanında dünyaca tanınmış ustaların sağ el tekniğini öğrenebilmek için onların ustalık kurslarına katılmaya gayret etmekte veya diğer gitaristlere sormaktadırlar. Kısaca, bazı usta gitaristlerin sağ elini nasıl kullandıkları ve tekniklerinin altında yatan sırlar, gitaristlerin çoğu tarafınca bilinmemektedir. Gitara yeni başlayan öğrenciler ya da kendini geliştirmek isteyen gitaristlere yol gösterecek, objektif ve niceliksel veriler içeren bir apoyando ya da pikado kılavuzuna ihtiyaç duyulmaktadır.

3. Usta gitaristler kendi tekniklerini nasıl kalıcı hale getirebilirler?

Birçok gitaristin sağ el tekniği, her ne kadar kaynaklarda kelimelerle tarif edilmeye çalışılmışsa da, öğrencileri dışında net olarak bilinmemektedir. Bu nedenle, hayranlıkla dinlediğimiz usta gitaristlerin sağ el teknikleri, onların ölümleriyle birlikte kısa sürede kaybolmaktadır.

4. Sağ el parmaklarımı nasıl hareket ettirirsem daha verimli ve hızlı bir performans elde ederim?

Diğer önemli bir sorun da, gitaristlerin sağ el tekniklerini geliştirme çabasıdır. Hemen her gitarist, uzun pasajları daha net ve hızlı çalmayı arzu eder ve bu yönde kendini geliştirmeye gayret eder. Sağ el tekniğindeki gelişme, zaman içerisinde belirli bir eğitimle kazanılsa da bu beceriyi geliştirmek için objektif verilere ihtiyaç duyulabilmektedir.

1.3. Araştırmanın Amacı

Yukarıdaki soruların cevaplarını bulmak ve parmak biyomekaniğine ilişkin bir analiz modeli geliştirmek bu araştırmanın en önemli hedefleridir. Bu çalışmadaki amacım, hızlı gam çalan ustaların sağ el tekniklerini kinematik olarak analiz edip, maksimum hıza çıkmak için hangi parmak eklemının nasıl bir açıyla ve ne kadar hareket ettiğini, parmak ucunun ne kadar havalandığını, eklem açıları ve ulaşılan hız arasındaki ilişkiyi nicel veriler eşliğinde ortaya koymaktır.

1.4. Varsayımlar

Mevcut çalışmada sunulan analiz yöntemi sayesinde, usta gitaristlerin sağ el tekniklerinin, ölçülebilir, daha kolay anlaşılabilir ve daha kolay öğretilabilir hale gelmesi sağlanabilir.

Gitaristler, ortaya konulan bu analiz modelini kullanarak kendi sağ el tekniklerini daha da geliştirebilirler.

Gitaristler, mevcut çalışmadaki analiz modelini kullanarak, kendi sağ el tekniklerindeki standartları belirleyip, sayısal veriler eşliğinde öğrencilerine ve sonraki kuşaklarına aktarabilirler.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Mevcut araştırma, aşağıdaki unsurlarla sınırlandırılmıştır:

1. Çalışma, gam icrasında yüksek hıza ulaşabilen üç gitar ustası ile sınırlandırılmıştır.
2. Analizler, sadece apoyando veya pikado tekniğini ile sınırlıdır.
3. Analizler, gitaristlerin sağ el tekniklerini inceleyerek, sağ el parmaklarının hareketlerini, açılarını ve hızını inceleyip sayısal değerlerle ifade etmek, benzerlik ve farklılıkları belirlemek, parmak açıları ve gam performans hızları arasındaki ilişkiyi belirlemekle sınırlandırılmıştır
4. Analizler, gitar ustalarının internet ortamından elde edilen videolarıyla sınırlıdır.

5. Analizler, sadece gam icrasındaki “i” ve “m” parmaklarının hareketlerini kapsamaktadır.

1.6. Araştırmanın Önemi ve Farkları

Luis Milan tarafından 1535 yılında yazılan ve klasik gitar sağ el tekniği konusunda sınırlı bilgiler içeren “El Maestro” adlı kitaptan bu yana, gitar tekniği ve eğitimini konu alan kitap, tez, araştırma ve gitar metodları yayınlanmıştır (Özkanoglu ve Karadağ, 2020). Ancak ülkemizde, klasik gitar sağ el kullanımıyla ilgili teknik detaylar içeren tez ve yayınlar oldukça az sayıdadır. Yapılmış olan araştırma ya da tezler niteliksel tanımlamalar içermekte ve tekniğin detaylarına inmemektedir. Çoğu kez, yapılan nitel ve sübjektif tanımlamalar, okuyucunun teknik detayları anlamasına olanak sağlamamaktadır.

Yaptığım detaylı literatür taramalarında, gerek ülkemizde, gerekse yurt dışında yayımlanmış çalışma veya tezlerde, sağ el bilek ve parmak açılarının matematiksel analizini yapan, bunların birbiriyle ilişkisini inceleyip matematiksel verilerle sunan bir kaynakla karşılaşılmamıştır. Ek olarak, şimdiye kadar yapılmış çalışmalarda, gitar performansı sırasında sağ el parmaklarının tüm hareketleri sırasındaki eklem açıları ve hareket mesafeleri hesaplanmamıştır. Literatürde karşılaşılan çalışmalardaki teknik tanımlamalar niteliksel ve görecelidir. Bu da, tarif edilen tekniğin zor anlaşılmasına ya da gitaristlerin farklı sonuçlara varmasına yol açabilmektedir.

Mevcut çalışmamda, klasik gitar sağ el tekniği çok farklı bir bakış açısıyla incelenmiştir. Gitar icrası sırasındaki parmak hareketleri en ince ayrıntısına kadar matematiksel olarak analiz edilmiş ve objektif sonuçlara ulaşılmıştır. Hızlı pasajların icrası sırasındaki parmak hareketlerinin detaylı kinematik analizleri yapılmış ve sayısal olarak tanımlanmıştır.

Mevcut çalışmamın, yüzyıllardır usta-çırak ilişkisi içerisinde süregelen gitar eğitimine yeni bir bakış açısı kazandırabileceği kanısındayım. Bu çalışma, özellikle hızlı icra edilmesi gereken gamlar sırasında, sağ el tekniğinin kinematikini sayısal veriler eşliğinde sunması açısından, klasik gitar tekniğiyle ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmalardan farklıdır.

1.7. Araştırmanın Sağlayacağı Faydalar

Sağ el kinematik analizlerin gitaristlere sağlayacağı faydalar aşağıdaki maddelerle özetlenebilir:

- Geniş kitlelerce beğeni kazanmış olan gitaristlerin tekniklerinin detayı ve başarılarının altında yatan unsurlar daha net anlaşılacaktır. Böylece

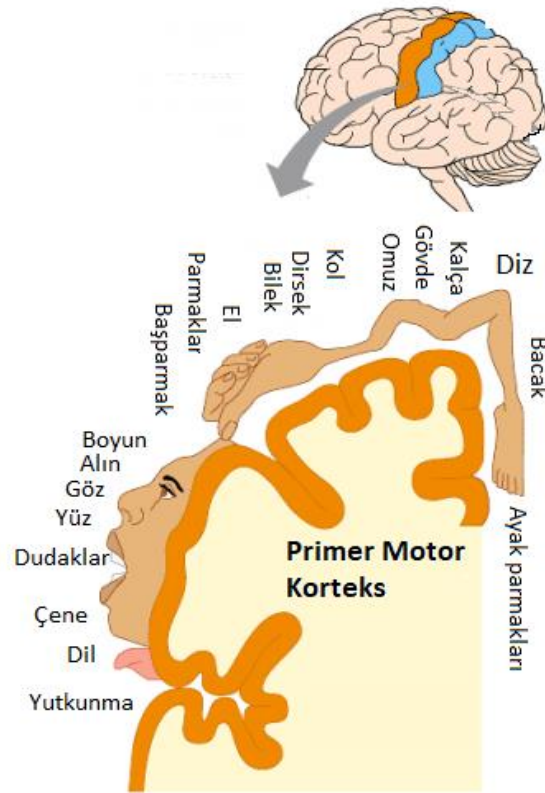
gitaristler, ustaların tekniğini net bir şekilde anlayarak yeni bakış açıları kazanabilecektir.

- Gitaristler, kendi sağ el tekniklerini objektif verilerle tanımlayabilecektir. Böylece gitaristler, kendi tekniklerini net olarak ortaya koyarak kalıcı hale gelmesini sağlayabilecektir. Gitarist, sayısal verilerle tanımlanmış olan tekniğini, öğrencilerine ve sonraki kuşaklara da aktarabilecektir. Böylece tekniğin, zaman içerisinde kaybolma riski önemli ölçüde azaltılabilecektir.
- Gitar öğreticilerinin, öğrencilerine sağ el tekniğini anlatmaları daha kolaylaşabilecektir. Sağ el tekniği, sadece niteliksel öznel tanımlamalarla değil, niceliksel nesnel verilerle sunulduğunda öğrenciler tarafınca daha net anlaşılabilir.
- Bu analizdeki verilerden yola çıkarak, el anatomisi ve fizyolojisine uygun ideal el kinematik verileri saptanarak sağ el tekniği geliştirilebilir. Böylece daha ideal teknikleri keşfetmenin bilimsel yolu açılmış olabilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. El Anatomisi ve Fizyolojisi

Tüm istemli iskelet kasları, beynin “Primer motor korteks” denilen bölgesinden yönetilir. Motor korteks beynimizin en üst-ön bölümünde, beden hareketlerimizin kontrolü ve planlanması açısından temel öneme sahip bir bölgedir. Bedenimizdeki iskelet kaslarının tamamı buradaki sinirsel devreler aracılığıyla hareket ettirilir. Motor kortekste bedenimizin eksiksiz bir “motor haritası” bulunur. “Küçük adam” anlamında homunculus olarak bilinen bu haritada, eller ve yüz gibi ince kontrol edilmesi gereken bölgeler en büyük alanları kaplarlar (Şekil 2.1). Motor kortekste, büyüklüğüne oranla en fazla yer kaplayan uzuv elimizdir. Özellikle başparmak oldukça geniş bir alanı kapsar. (Roux et al., 2018; Kocak et al., 2009)



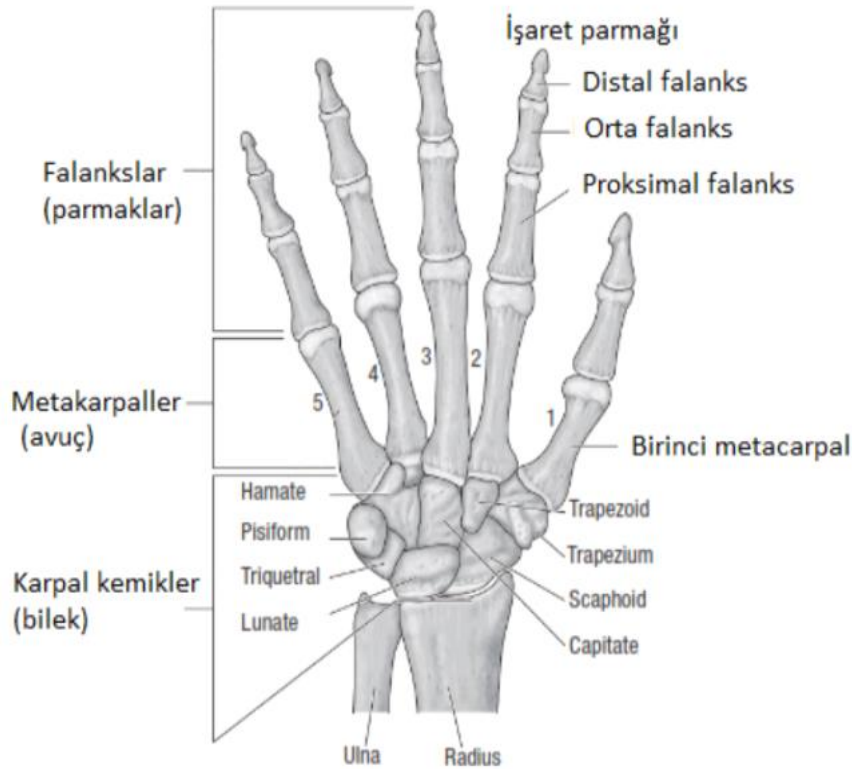
Şekil 2.1. İnsan beyni ve motor korteksin bölümleri.

Motor korteks, beynin diğer birçok bölgesi gibi ileri düzeyde değişebilirlik, yani “plastisite” özelliğine sahiptir. Parmaklarınızla yapacağınız bir gitar egzersizi, 1-2 hafta sürdürüldüğünde, çalıştırılan parmaklara ait temsil alanları ölçülebilir derecede büyür. Beyin

hücreleri, bunu değişimi, hücreler arasındaki “sinaps” yani bağlantı sayılarını ve mesajcı molekül (nörotransmitör) miktarını değiştirerek gerçekleştirir (Kolb et al., 2013).

Elimizde toplam 27 kemik ve çok sayıda eklem bulunur. Kemiklerin birbirleri ile buluştukları hareketli bölgeler eklemleri meydana getirir. Bu eklemler sayesinde el bileğimizi ve parmaklarımızı birçok yöne bükebiliriz (Hirt et al., 2017). Elin temel hareketleri, içe-dışa, öne-arkaya bükülme ve içe-dışa dönme hareketleridir.

El bileğinde 8 adet küçük kemikçik (skafoideum, lunatum, triquetrum, pisiforme, trapezium, trapezoideum, kapitatum, hamatum) bulunur. El sırtı- avuç içi bölgemizde ise ayaktaki tarak kemiklerine denk gelen kemik grubu vardır. Bu kemiklere metakarp adı verilir. Her parmak tabanına doğru bir adet olmak üzere beş tane metakarp kemiği vardır. En son olarak da parmaklarımızı oluşturan falanks kemikleri vardır. Başparmağın iki, diğer parmakların üçer falanksı vardır. Yerleşimlerine göre proksimal falanks (parmak kökünde), orta falanks ve distal falanks (parmak uç kemikleri) olarak isimlendirilirler (Şekil 2.2) (Maw et al., 2016).



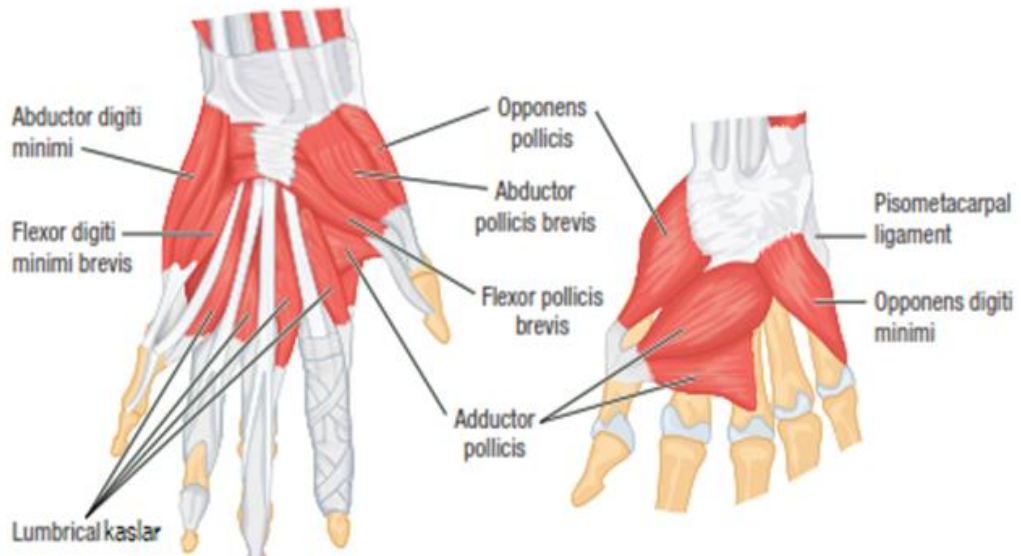
Şekil 2.2. El kemikleri (Maw et al., 2016)

Parmaklar da çok farklı hareketler yapabilmektedir (Şekil 2.3). Gitar çalarken sağ el parmakların yaptığı temel hareketler, avuç içine doğru bükülme (fleksiyon) ve dışa doğru gerilmedir (ekstansiyon). Başparmağın temel hareketleri ise, ele doğru yaklaşması (addüksiyon) ve elden uzaklaşmasıdır (abduksiyondur) (Kasar, 2017).



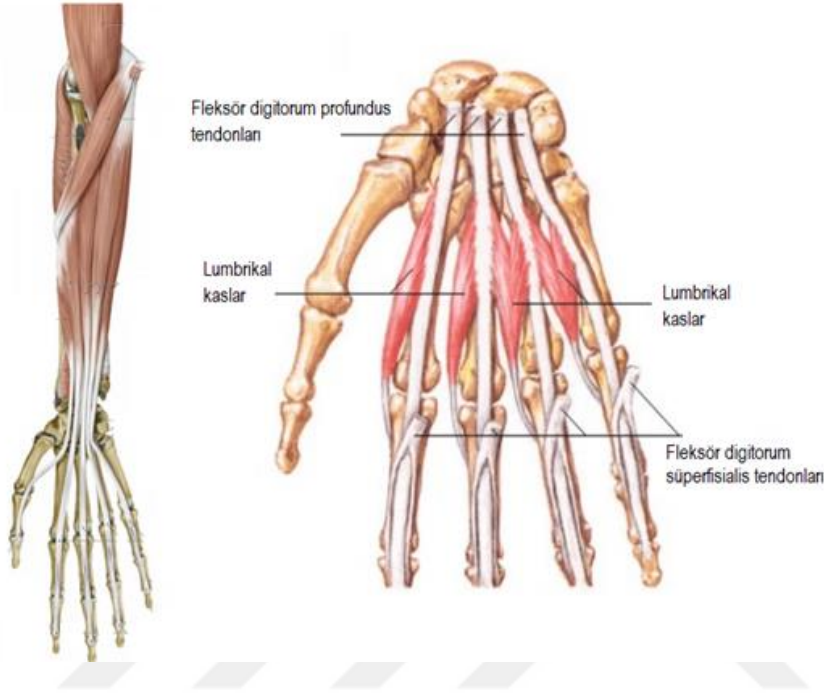
Şekil 2.3. Parmak hareketleri (Kasar 2017)

Bu hareketler, önkol ve el içindeki kaslarla mümkün olabilmektedir (Ombregt, 2013). Sırf elimizin içinde neredeyse bir düzine kas bulunmaktadır (Şekil 2.4) (Maw et al. 2016). Bunlar elimizin ince hareketleri için gereklidir (Rath, 2011).



Şekil 2.4. Elin iç kasları (Maw et al., 2016)

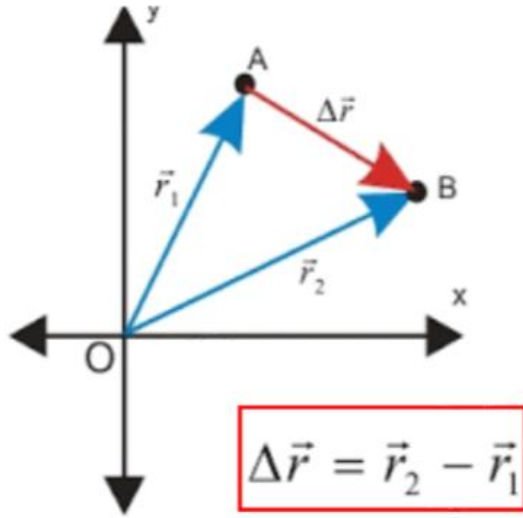
Gitar icrası sırasında, elin iç kasları kadar, önkoldaki bükücü (Fleksör) ve gerici (ekstansör) kaslar görev yapar. Özellikle apoyando icrasında, parmak ve parmak ucunun içe bükülmesini sağlayan “flexor digitorum superficialis” ve parmağın orta eklemden bükülmesini sağlayan “flexor digitorum profundus” en önemli kaslardır (Şekil 2.5) (Koşar 2016).



Şekil 2.5. Apoyando ve pikado sırasında parmak hareketlerinde en fazla etkili olan kaslar (Koşar 2016)

2.2. Kinematik ve Kullanım Alanları

Kinematik, cisimlerin hareketlerini, bu hareketlere neden olan ya da bu hareketler sonucunda oluşan kuvvetlerden bağımsız olarak inceleyen fizik dalıdır. Bir doğru üzerinde yol alan bir noktanın hareketini betimlemek için noktanın belirli zamanlardaki konumlarını saptamak yeterlidir. Bir hareketi tarif ederken mutlaka başlangıç noktasının (referans noktası) belirtilmesi gerekir. Konum, Kartezyen koordinat sisteminde üç boyutlu ise $(x;y;z)$, iki boyutlu ise $(x;y)$ uzaklıkları verilerek belirtilir. Cismin bulunduğu konuma giderken, farklı zamanlarda bulunduğu konumları birleştiren çizgiye alınan yol ya da cismin yörüngesi denir. Alınan yol, santimetre veya metre gibi birimlerle ölçülür. Cismin başlangıç noktası ile bulunduğu konumu birleştiren doğru büyüklüğündeki vektöre konum vektörü denir. Konum vektörü “ r ” sembolü ile gösterilir (Şekil 2.6).



A: cismin ilk konumu

B: cismin son konumu

$\vec{r}_1$: referans noktasından cismin ilk konumuna çizilen yönlü çizgi

$\vec{r}_2$: referans noktasından cismin son konumuna çizilen yönlü çizgi

$\Delta\vec{r}$: cismin konumundaki değişim

$\vec{r}_1$: A noktası için konum vektörü

$\vec{r}_2$: B noktası için konum vektörü

$\Delta\vec{r}$: cismin bir konumdan (A) başka bir konuma (B) gidişini gösteren yer değiştirme vektörü

Şekil 2.6. Cismin vektörel hareketi.

Ref: https://aovgun.weebly.com/uploads/9/8/7/3/98730038/tekboyutlu_hareket.pdf

Robot teknolojisinin gelişimine paralel olarak insan uzuvlarının hareketleri daha detaylı incelenmeye başlandı. İnsan el ve parmak hareketleri üzerinde yapılan bir kinematik analizde araştırmacılar gitar eğitime katkısı olacak bir model geliştirmeyi hedeflemişler (ElKoura, 2003). Bu çalışmada, elin hareketleri detaylı incelenmiş ve gitar çalmayı kolaylaştıracak ideal parmak pozisyonları araştırılmıştır. Ancak, bu çalışmada parmak açılarıyla ilgili bilgi yer almamaktadır.

Kinematik modeller günümüzde, insan gibi hareket eden ve yürüyen robotların geliştirmesinde kullanılmaktadır. Son yıllarda, yürüyen robotlar oldukça ilgi çeken bir araştırma konusu olmuştur. Tekerlekli veya paletli mobil robotlardan farklı olarak, yürüyen robotlar canlı uzuvlarına benzer yapılar içerir. Bu robotların, iki, dört hatta sekiz ayağı olabilmektedir. Yürüyen robotlar zorlu ve engebeli arazi koşullarında hareket edebildiği için uygulama alanları da çok çeşitlidir. Ağır askeri malzemeyi engebeli arazide taşımak, mobil robotların hareket etmesinin kısıtlı kaldığı merdiven, basamak, tümsek gibi yapılarda ilerleyebilme özelliği, yürüyen robotların kullanım alanlarına verilebilecek örneklerdir. Yürüyen robotlar, endüstriyel tek zincirli robotlara ve mobil robotlara göre oldukça karmaşık kinematik yapılara sahiptir (Hepgüven, 2016). İnsan uzuvlarının hareketleri incelenerek, onları taklit edebilen robotların kinematik yapısı geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Kol ve bacak gibi uzuvlara ek olarak, insan el ve parmak hareketleri de en ince detaylarına kadar analiz edilerek robot teknolojisine uygulanmaktadır (Cobos et al., 2008). Bu araştırmalarda yapılan el kinematik analizleri mevcut çalışmada temel teşkil etmiştir.

Robot teknolojisinin yanı sıra, kinematik analizler birçok alanda kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle spor alanında, sporcuların performans ve başarılarını arttırmak amacıyla kinematik analizler kullanılmaya başlanmıştır. Koşucular üzerinde yapılan bir çalışmada, koşucuların ilk 3 adımlarındaki vücut ve bacak hareketleri incelenmiş, en yüksek ivmeye nasıl ulaşılacağı kinematik analizlerle hesaplanmıştır (Murphy et al., 2003). Basketbolcular üzerinde yapılan bir diğer çalışmada, atışların kinematiği analiz edilerek, başarılı atış için gerekli omuz, kol ve el açıları hesaplanmıştır (Çelik ve ark., 2013). Spor alanında yapılan bu çalışmalarda hedef, insan vücudunun kinematiğini inceleyerek, istenilen hareketin en etkin ve verimli şekilde yapılmasını sağlayarak en iyi performansı elde etmektir.

2.3. Gitarın Tarihi

Gitarın kökeni tam olarak bilinmemekle birlikte, 4000 yıla kadar uzanan eski bir geçmişi olduğu düşünülmektedir. Gitarın geçmişi hakkında birçok teori vardır ve genelde ud' un ve hatta eski Yunan çalgısı olan kithara'dan geldiği iddia edilir. Ancak 1960 yılında Dr. Michael Kasha tarafından yapılan araştırma bu iddiaları çürütmüştür. Dr. Michael Kasha 'nın araştırmasına göre gitar, ud ile ortak ataları paylaşırsa da, ayrı bir gelişimin sonucu ortaya çıkmıştır. Yani, ud'un gitar gelişimine bir katkısı olmamıştır. Aksin gitarın, ud 'un perdesizden perdeliye evriminde çok büyük etkisi olmuştur (Kasha, 1968).

Eski Mısır'lılar zamanından beri telli müzik çalgılarının kullanıldığı düşünülmektedir. Gitar, kordofon ailesine mensup bir müzik çalgısıdır. Kordofon, telin titreşimiyle ses çıkaran çalgıların ait olduğu aileye verilen addır. Kordofonların ataları ise, Mezopotanya kökenli olan arp ve lir olarak kabul edilmektedir (Wade, 1980). Gitarın atası tam olarak bilinmese de, tek boyunlu ve telli bir çalgını geliştirilmesiyle evrildiği düşünülmektedir. Büyük ihtimalle lavta, vihuela ve gitar, Emevi'lerin Avrupa'ya getirdiği ud ve tanbur'un etkisiyle oluşturulmuş çalgılardır. Onüçüncü yüzyıla ait minyatürlerde, gitarın ataları olan “la guitarra morisca” (Arap gitarı) ve “la guitarra Latina” (Latin gitarı) ait resimler vardır (Alves, 2015).

Modern gitardan daha küçük olan 4-telli (4-course) gitarlar 16-18. yüzyıllar arasında oldukça popülerdi. Barok dönemde 5-telli gitarın kullanılmaya başlanmasından sonra, 4 telli gitarın geri planda kaldığı düşünülmektedir. Onsekizinci yüzyılın ikinci yarısında 6-telli gitar kullanılmaya başlanmıştır. Bilinen ilk 6 telli gitar örneği 1759 yılına aittir ve Gemeentemuseum'da sergilenmektedir. Gitarın üzerindeki etikette “*Francisco Sanguino me fecit. En Sevilla año de 1759*”, yani “Francisco Sanguino tarafından Sevilla'da 1759 yılında yapılmıştır” yazısı bulunmaktadır. (Alves, 2015).

Ondokuzuncu yüzyılın ilk yarısında, Fernando Sor (1778-1839), Mauro Giuliani (1781-1829), Ferdinando Carulli (1770-1841), Dionisio Aguado (1784-1849), ve Matteo Carcassi (1792-1853) gibi besteciler sayesinde gitar altın çağına girmiştir (Çoğulu, 2011). Ondokuzuncu yüzyılın ikinci yarısında, İspanyol gitar yapımcısı Antonio de Torres (1817-1892), gitara modern şeklini vermiştir (Şekil 2.7). Torres'in ilk gitarını 1840 yılı civarında yaptığı sanılmaktadır (Özdek, 2006).



Şekil 2.7. 1888 yapımı Torres gitar

2.4. Sağ El Gitar Teknikleri ve Gelişim Süreci

Gitar teknikleriyle ilgili yazılı kaynaklar çok eskilere dayanmaktadır. Sağ el tekniğini anlatan ilk eser olan “El Maestro” 1535 yılında Luis Milan tarafından yazılmıştır. Ancak bu eser, tel tekniğinden ziyade elin ritmik vuruşları üzerine yoğunlaşmıştır (Alves, 2015).

Çalması Vihuela'ya göre daha kolay olan beş telli gitarın gelişmesiyle birlikte, İspanya'da iki farklı sağ el tekniği gelişmiştir, “redobles” ve “rasgueado”. Redobles, kontrapuntal eserlerin, teli çekerek çalınmasını, rasgueado ise tellerin tümüne vurulmasını tanımlayan terimlerdir. Onyedinci yüzyılda bu iki farklı vuruş tekniği birleştirilerek, günümüzdekine temel oluşturan bir sağ el tekniği geliştirilmiştir. Onsekizinci yüzyılda altı telli gitarlar yaygınlaşmaya başlamıştır (Çoğulu 2011).

Gitar tekniğiyle ilgili ilk metodlar 19. Yüzyılda Fernando Sor ve Dionisio Aguado tarafından yazılmıştır (Sor 1820; Aguado, 1843). Bu iki gitar pedagogunu birbirinden ayıran en önemli fark, Sor gitarın tırnaksız çalınmasını önerirken, Aguado en iyi sesin tırnakla elde edildiğini savunmasıdır. Ancak Aguado tırnakların çok uzun olmaması gerektiğini belirtmiştir. Tırnakların oval şekilde kesilmesini söylemiş ve en ideal tırnak uzunluğunun, parmak ucunu çok az geçecek şekilde olduğunu ifade etmiştir. Metodo para Guitarra adlı kitabında Aguado, telleri tırnaklarının dış tarafı ile çektiğini yazmıştır. Bunu uygulayabilmek için, bileğin içe doğru döndürülmesi (supinasyon) gerekiyor. Tarrega ise, günümüzde birçok gitaristin uyguladığı şekilde, bileğin dışa döndürülerek (pronasyon) tırnağın iç tarafıyla tele vurulmasını önermiştir (Kabasakal, 2012).

Serçe parmağın gitara yaslanarak çalınma tekniğine ilk karşı çıkan öğretici Aguado olmuştur. Gitar çalarken sağ elin serbest olması gerektiğini ve istenildiğinde tüm parmakların (p-i-m-a-e) kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Başparmağın (p) özellikle virtüözite gerektiren pasajlarda kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Başparmağın iyi eğitilmesinin önemini savunan Aguado metodunda, vuruşlar sırasında enerji tasarrufu açısından başparmağın sadece son ekleminin bükülmesi, geri kalan kısmın mümkün olduğunca sabit kalması gerektiğini ifade etmiştir. Aguado, “a” parmağına da ayrı bir önem vermiştir. Metodunda, aynı tel üzerindeki çalışlarda aynı parmağın kullanılmasına karşı çıkmıştır. Ancak bazı egzersizlerinde aynı telde üst üste “a” parmağını kullanarak bu parmağın güçlendirilmesini amaçlamıştır. Üst tele geçişlerde aynı parmağın kullanılması fikrini de savunan Aguado, böylece pasajların daha seri çalınabileceğini ifade etmiştir (Roos, 2009).

Aguado “Nuevo Método Para Guitarra” adlı metodunda, sağ elin farklı şekillerde veya farklı bölgelerde kullanımları ile değişik ses tonları elde edilebildiğini belirtmiştir. Eşiğe yakın veya uzak çalınması ile ses renginin değiştiğini, eşiğe yaklaştıkça daha tiz, sapa yaklaştıkça daha tok bir ses elde edildiğini belirtmiştir. Bir diğer metodunda Aguado, sağ elle “octavados” yani harmonik ses elde etmeyi tanımlamıştır. Ek olarak “tambora” yani gitardan davul efekti elde etmeyi de ilk olarak tanımlayan öğretici olmuştur (Roos, 2009).

Aguado’nun gitar dünyasına kazandırdığı bir yenilik de tripod aparatıdır (Şekil 2.8). Gitarın bu aparat üzerine yerleştirilerek çalmayı kolaylaştırdığı ifade edilen tripod, aynı zamanda gitarın vücuda çok az temas etmesini sağlamış böylece gitarın rezonansını arttırmıştır (Kabasakal, 2012). Tripod aparatı günümüzde az sayıdaki gitarist tarafından tercih edilmektedir.



Şekil 2.8. Dionisio Aguado'nun tripod kullanımı

Aguado'nun çağdaşı Sor ise farklı bir gitar tutuş şekli önermiştir. Bu tutuş şeklinde, gitar gövdesinin alt kısmı sağ bacak üzerinde dururken, üst kısmı ise sol bacağa yakın durmaktadır. Ancak gitar sol bacağa temas etmemekte, sol bacak üzerinde duran bir masaya yaslanmaktadır (Sor, 1820) (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Fernando Sor'un gitar tutuş

Günümüzde klasik gitarcılarının tutuşuna en yakın oturuş şekli ilk olarak Carcassi tarafından tanımlanmıştı. Carcassi, gitarı iki bacağının arasına almış ve sol ayağını uygun bir yükseltiye koyarak gitarın klavyesine gerekli açığı kazandırmıştır. Francisco Tarrega ile bu oturuş ve duruş şekli yaygınlaşmış ve günümüze kadar gelmiştir (Akbulut, 2019) (Şekil 2.10).



Matteo Carcassi



Francisco Tarrega

Şekil 2.10. Carcassi ve Tarrega'nın oturuş ve gitar tutuş pozisyonları

Zamanın ünlü bestecileri olan, Mauro Giuliani (1781-1829) ve Matteo Carcassi (1792-1853) yazdıkları gitar metodlarında sağ el tekniğini detaylı anlatmamışlardır (Yılmaz 2018). Francisco Tárrega (1852-1909), sağ el tekniğini geliştiren önemli gitarist ve bestecilerdendir. Ancak Tarrega'nın yazılı bir eseri yoktur ve tekniğini usta-çırak ilişkisiyle öğrencilerine aktarmıştır. Tarrega'nın öğrencisi olan Emilio Pujol 1930 yılında yazdığı “The Dilemma of Timbre on the Guitar” adlı kitabında, en iyi gitar sesinin tırnakla değil, parmak ucuyla elde edilebileceğini belirtmiştir. John Duarte, 1974 yılında “Bases of Classical Guitar Technique” adlı kitabında, gitardan iyi bir ton elde etmek için gereken sağ el tekniği ve parmak vuruşundan bahsetmiştir (Akbulut, 2019).

Julian Byzantine'in "Guitar Technique Rationalised" (2002) ve Joseph Urshalmi'nin "A Conscious Approach to Guitar Technique" (2006) adlı kitaplarında, iyi bir ton elde etmek için gerekli sağ el tekniği tarif edilmiştir. Urshalmi, gitardan bağımsız olarak, parmakların nasıl bir şekle girmesi ve nasıl hareket etmesi gibi konular üzerinde durmuştur (Roos, 2009).

Gitaristler arasında el bileği aası, temel olarak ikiye ayrılıyor. Bileği aşığı doğru hafif bükerek çalan gitaristlerin başında Francisco Tarrega gelir (1852-1909). Bu ekolü Andres Segovia ve Barrios Mangore devam ettirmiştir (şekil 2.11).



şekil 2.11. El bileğini aşığı bükerek çalma tekniği. Tarrega ve Segovia, el bileğini daha fazla bükerek çalan gitaristlerdir.

Ancak günümüzde bazı gitaristler önkol-el açısını 180 dereceye yakın tutmaktadır (Şekil 2.12).



David Russel

Manuel Barrueco

Şekil 2.12. El bileğini düz tutarak çalma tekniği. Russel ve Barrueco, el bileğini düz tutarak çalan gitaristlerdir.

Gitardan çıkan sesin tonu ve kalitesi temel olarak sağ ele dayandığı için sağ el tekniği gitar icrasında oldukça önemlidir. Yıllar içerisinde teknikler değişiklik gösterse de temel olan unsur, elin gergin olmaması ve parmakların mümkün olduğunca rahat etmesidir. Elin rahat hareketi için önkolun gitara yaslanarak dengeli şekilde durması önerilmektedir. (Tsai 2018).

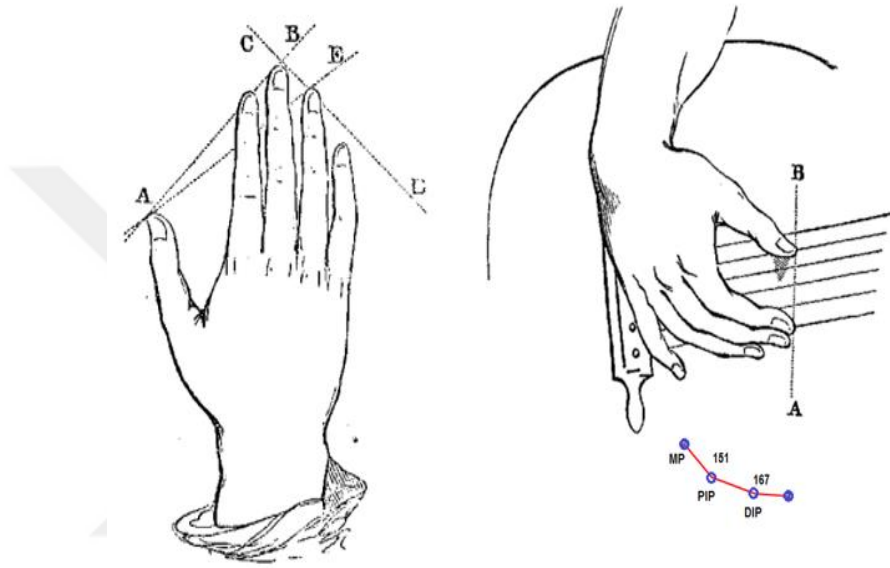
2.4.1. Tirando, apoyando ve pikado

Gamların icrasında sağ el parmak vuruşlarında üç tür vuruş vardır: Tirando, Apoyando ve Pikado. Bunların kullanım tercihi, eserin türüne, müzikal gereksinimlerine, hızına ve gitaristin tercihinine göre değişir. Klasik gitarda, özellikle barok eserlerde genellikle tirando kullanılır. İspanyol bestecilerin eserlerindeki gamları icra ederken, özellikle yüksek sesle çalınması gereken istenilen pasajlarda apoyando tercih edilmektedir.

Hem tirando hem de apoyando tekniğiyle çalınan 6 farklı klasik gitar eserinin bir grup insana dinletilerek tercihlerinin sorulduğu bir araştırmada, kişiler büyük çoğunlukla tirando çalınan eserleri beğendiklerini ifade etmişlerdir (Garcia et al., 2016). Kısaca, her iki tekniğin de kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Apoyando'nun bir modifikasyonu olan

pikado tekniği ise, keskin, parlak ve güçlü ses çıkartması nedeniyle, Flamenko gitaristler tarafından sıklıkla tercih edilen çalış tekniği olarak bilinmektedir.

Sor, 1820 yılında yazdığı “Methode pour La Guitare” adlı eserinde sağ el tekniğini anlatmıştır. Bir düzlem üzerinde yer alan üç parmağın (p-i-m) kullanılmasını önermiştir. Dördüncü parmağın sadece akor çalışmalarında kullanılması gerektiğini belirtmiştir. El bileği parmakların tutuş şekliyle ilgili detaylı açıklama olmasa da şekil olarak belirtilmiştir (Sor, 1820) (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Sor'un metodundaki sağ el tekniği. AB düzlemi üzerinde hareket edecek şekilde “p-i-m” parmaklarının kullanılmasını önermiştir (Sor, 1820)

Apoyando tekniği ile ilgili yazılı yorumlar ve tanımlamalar ilk olarak Aguado ve İtalyan meslektaşısı Federico Moretti (1769-1839) tarafınca yapılmıştır. Kapalı vuruş (rest stroke) olarak da adlandırılan bu vuruşa o zamanlar apoyando denilmiyordu, ancak detaylı tarifi yapılmıştı. Aynı telde farklı parmak kullanılması gerektiğini ifade eden Aguado, üst tele geçerken aynı parmağın kullanılmasını öneriyordu. Her ne kadar Aguado tarafınca detaylı tasviri yapılmış olsa da, apoyando tekniğinin 19'uncu yüzyıldan önce de kullanıldığı düşünülmektedir (Kabasakal, 2012).

Parmağın tele vurduktan sonra hemen havalanmasına “Tirando” denilir. Bu vuruşun en önemli avantajı, telden elde edilen sesin kesilmeden devam edebilmesidir. Apoyando tekniğinde, tele vuran parmak bir üst tele yaslanarak teli tınlatır. Bu teknik, hızlı pasajlarda ve daha fazla vurgu istenilen seslerde kullanılır. Apoyando'da elde edilen ses daha yüksek hacimli

ve vurguludur. Tirando tekniğinde ise, tele vuran parmak bir üst tele yaslanmadan avuç içine doğru hareket ederek teli tınlatır (Panayotov, 2011). Tirando tekniği melodik pasajlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Tirando vurus ile apoyando vurusun tınısını yakalamak mümkündür. Ek olarak, doğru tirando uygulaması ile apoyando tekniğinin sağladığı hıza ulaşılmaktadır. Ancak tirando vuruşlarla, hızlı gamlarda apoyando kadar yüksek hacimli ve dolgun ses elde edilememektedir. Bu nedenle, özellikle gitar konçertolarındaki hızlı gamların apoyando tekniğiyle çalınması gerekmektedir.

Pikado, apoyando tekniğinin farklı bir uygulama şeklidir. Daha hızlı ve sert vuruş arayışında olan flamenko gitaristler, Apoyando tekniğini kullanarak “pikado” adı verilen bir teknik geliştirmişlerdir (Özkasnaklı, 2018). Bir gamın, sadece i ve m parmakları kullanılarak hızlı bir şekilde çalınmasını amaçlar. Özetle pikado, hafif değişikliklere uğramış ve hızlandırılmış apoyando tekniğidir. Apoyando tekniğindeki elde edilen dolgun ve yumuşak sese kıyasla, pikado tekniğindeki ses parlak ve serttir. Pikado tekniğini, apoyandodan ayıran temel özellik, sağ elin pozisyonu ve buna bağlı olarak tırnağın tele vuran bölgesinin değişmesidir (Yeprem, 1998). Apoyando tekniğindeki tok ses, tırnağın iç tarafıyla elde ederken, pikado tekniğinde tırnağın uca yakın tarafı tele vurur. Böylece daha pikado tekniğinde elde edilen ses daha parlak ve tizdir. Tırnağın bu vuruş pozisyonunu sağlamak için, önkolun biraz daha dik bir açıyla tellere yönelmesi ya da elin bilekten bir miktar bükülmesi gerekmektedir. Ek olarak, pikado tekniğinde el gitar gövdesine daha yakın tutulmaktadır (Şekil 2.14).



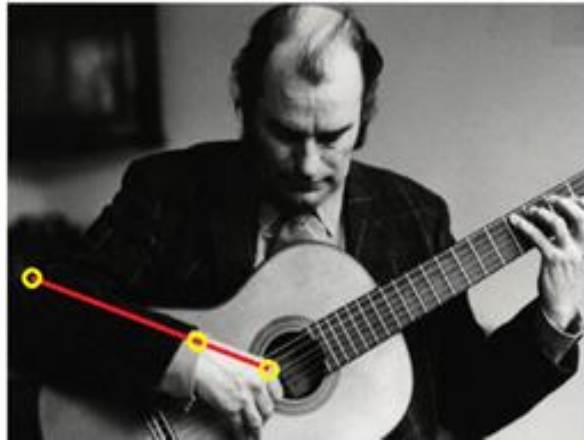
Şekil 2.14. Pikado tekniğinde önkol ve el duruşu. Bu teknikte önkol biraz daha dik bir açıyla tellere yönelir, bilek büküktür ve el gitar gövdesine daha yakın durur.

Günümüzde flamenko gitaristlerin pikado vuruşlar sırasında neredeyse standart olarak kullandıkları bu önkol-el pozisyonunda oluşan bilek açısına en yakın tutuş, klasik gitarcılardan Andre Segovia'da bariz şekilde görülmektedir. Yaptığım ölçümde, Segovia'da önkol ve el arasındaki açı yaklaşık 156 derecedir (Şekil 2.15). Muhtemelen Segovia'nın bilek açısındaki bu bükülme, gitarı küçük yaşta bir flamenko gitaristten öğrenmesinden kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 2.15. Andre Segovia'nın sağ önkol-el açılanması

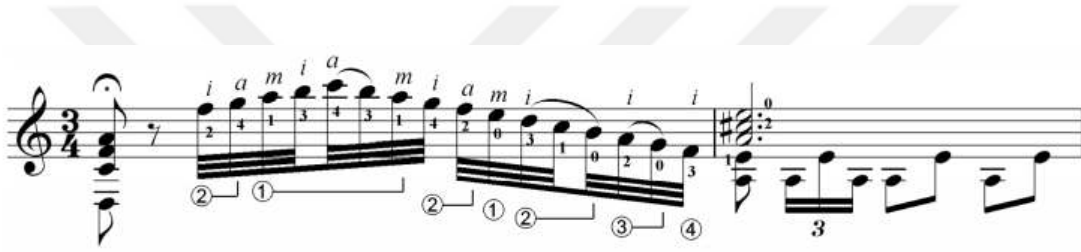
Segovia sonrası kuşaktaki gitaristler, apoyando vuruşlarda önkol-el açısını 180 dereceye yakın tutarak bileğin bükülmesini önlemişlerdir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Julian Bream'ın sağ önkol-el açılanması

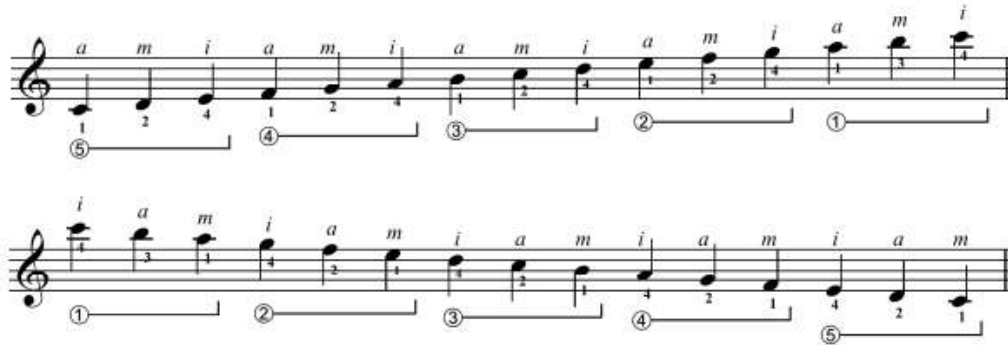
2.4.2. Sağ el üç parmak (a-m-i) tekniği

Gerek açık vuruş (tirando), gerekese kapalı vuruşlarda (apoyando ve pikado) genellikle “i” ve “m” olmak üzere iki parmak kullanılmaktadır. Ancak bazı gitaristler üç parmak (a,m,i) kullanımını gündeme getirmiştir. Gamların çalınmasında üç parmak kullanımını gündeme getiren ilk kişi, İspanyol asıllı gitarist Narciso Yepes’dir (Palmer, 2012). Yepes, üç parmak kullanımı sayesinde daha düşük bir enerji harcayarak daha yüksek bir çalış hızına ulaşmanın mümkün olduğunu savunmaktadır. Yepes, uzun gamlarda aynı parmakla 3 nota çalmakta, hatta tel geçişlerinde de bazen aynı parmağı kullanmaktadır (Şekil 2.17). Bu yönüyle, Yepes’in “a-m-i” uygulaması kendine has ve biraz da karmaşık görünmektedir.



Şekil 2.17. Yepes’in a-m-i kullanarak çaldığı bir gam.

Leo Brouwer, “Scales for Guitar” adlı kitabında, gamlarda üç parmak kullanımını anlatmıştır. Pesten tize doğru, yani alt tellere giderken, notaların sırasıyla “a-m-i” parmaklarıyla, tizden pese doğru, yani üst tellere doğru giderken ise, sırasıyla “i-m-a” parmaklarıyla çalınmasını önermiştir (Palmer, 2012) (Şekil 2.18).



Şekil 2.18. Brouwer’in gamları üç parmakla çalma tekniği.

2.4.3. Tremolo ve arpej

Gitarda sesler, nefesli ve yaylı çalgılarla kıyaslandığında, fazla uzamaz ve melodiye veren ses daha çabuk zayıflar. Melodik sesi uzatmak ve tek sesin sürekliliğini sağlamak amacıyla tremolo tekniği kullanılır (Doğu, 2011). Tremolo tekniği parmakların farklı kombinasyonlarıyla uygulanabilir. Klasik gitarda tremolo, genellikle bas notaların p ile çalarken, a-m-i parmaklarının aynı notayı üç kez çalınmasıyla (dörtleme) gerçekleşir (Tennant 1995). Flamenko gitarda ise geleneksel tremolo tekniği, p-i-a-m-i (beşleme) şeklindedir (Şekil 2.19). P parmağı bas yürüyüşleri çalarken diğer parmaklar melodiye veren notaları çalar (Doğu, 2011).



Şekil 2.19. Flamenko gitarda geleneksel tremolo tekniği, p-i-a-m-i (beşleme).

Mauro Giuliani'nin "Studio per la Chitarra" (Gitar İçin Çalışmalar Op1-1812) adlı metodundaki 96 numaralı egzersiz, tremolo tekniğinin ilk tanımlamalarındandır (Şekil 2.20) (Roos, 2009).



Şekil 2.20. Giuliani'nin metodundaki 96 numaralı tremolo egzersizi.

Tremolo tekniği kullanılan ilk eserinin ne olduğu bilinmemekle birlikte Giulio Regondi'nin Nocturne (op 19) adlı bestesi, bu tekniğin kullanıldığı ilk basılı eserdir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21. Regondi'nin Nocturne (op 19) adlı bestesi

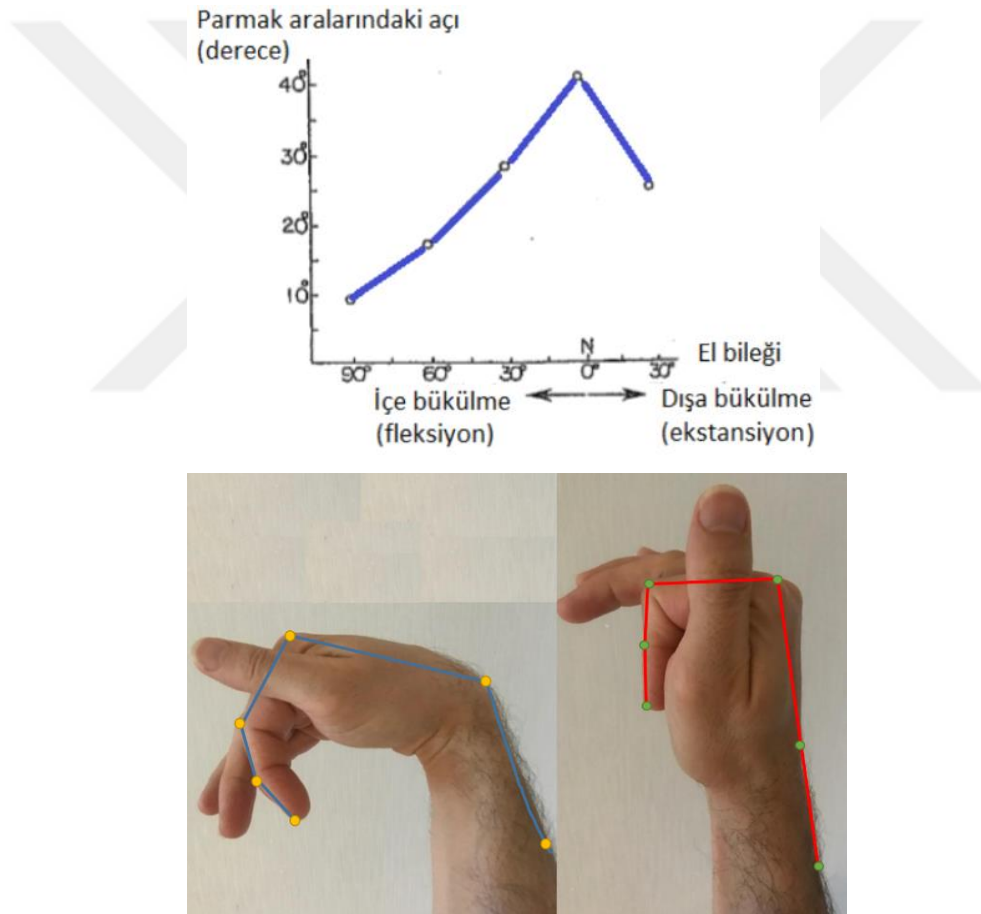
Gitarda sıkça kullanılan tekniklerden biri de arpej tekniğidir. Arpej tekniği, akorları kırarak çalmak, yani akordaki sesleri ayrı ayrı tınlatmak şeklinde tanımlanabilir. Arpej terimi, arp çalmak anlamına gelen İtalyanca “*arpeggiare*” kelimesinden türemiştir (Çoğulu, 2011). Arpej, açık vuruş (tirando) olarak çalınır. Ancak bir notaya aksan verilmek istendiğinde p veya a parmağı ile kapalı vuruş (apoyando) da yapılabilir.

2.5. El Biyomekaniği ve Gitar Tekniği ile İlişkisi

Elde edilen gücü oluşturan en önemli unsurlar, kuvvet ve uygulama yönüdür. Hareketin ivmesi de oluşan kuvveti etkilemektedir. Gitar çalarken oluşan kuvvet, kasların hareketi ve kemiklerin pozisyonuna bağlıdır. En yüksek gücü, en doğru şekilde uygulayabilmek için vücut, kol ve elin uygun bir şekli alması gerekir. Yanlış bir gitar tekniği, başta el olmak üzere kol ve omuz eklemlerinin sakatlanmasına yol açabilir (Özgen, 2006).

El biyomekaniğinin daha net anlaşılabilmesi için eklemlerin hareket özelliklerinin bilinmesinde fayda vardır. El eklemleri bir veya iki eksen üzerinde hareket ederler. Falanksar arasında yer alan interfalangeal eklemler (PIP ve DIP) tek aks üzerinde bükülme (fleksiyon) ve gerilme (ekstansiyon) hareketi yaparlar. PIP ekleminin bükülme açısı 90-100 derece, DIP ekleminin bükülme açısı da 60-70 derece arasındadır. El ve parmakları birleştiren metakarpofalangeal (MP) eklemi ise iki eksen üzerinde hareket eder. MP ekleminin hareketi DIP ve PIP eklemlerinden bağımsızdır. Ancak DIP ve PIP eklemlerinin hareketi ise birbirine bir miktar bağlıdır. Bu iki eklemden biri büküldüğünde ikincisi de belirli bir düzeyde bükülür (Rath, 2011).

El ve parmakların günlük hayattaki kullanımı sırasında biyomekaniği üzerinde önemli çalışmalar yapılmış ve tüm hareketler analiz edilmiştir. Yapılan ölçümlerde, el bileği doğal şeklindeki (yani hiç bükülmezken) el parmakları 40 dereceye kadar açılmaktadır (Şekil 2.17). El bileğinin aşırı bükülmesi (fleksiyon) veya gerilmesi (ekstansiyon) sırasında bu açı azalmaktadır (Youm et al., 1978). Bu nedenle gitar çalarken el bileğinin çok fazla bükülmemesi önerilmektedir. Parmakların bükülme açıları, bileğin bükülme derecesine göre değişim gösterir. El bileği ne kadar fazla bükülürse (fleksiyon), parmakların bükülmesi o kadar zor olur. El bileği 90 dereceye gelince fleksör tendonlar da 90 derecelik bir açıyla parmaklara gider. Bu durumda kaslar yeteli esneme ve kasılma işlemini gerçekleştiremez (Şekil 2.22).



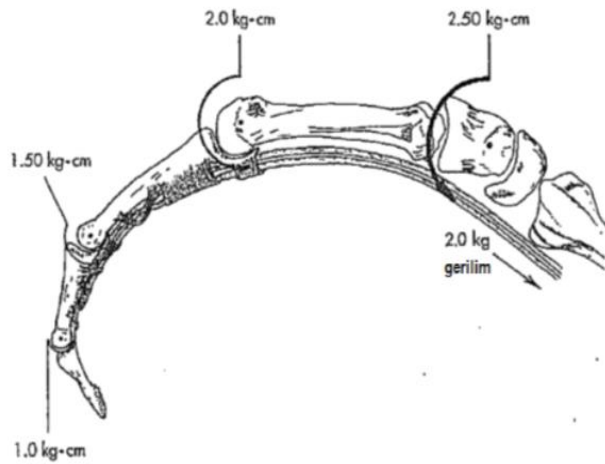
Şekil 2.22. El bileği açısındaki değişime karşı parmaklar arasındaki açıların değişimi. Bilek büküldükçe parmak eklemlerinin bükülme (fleksiyon) kabiliyeti azalır

MP eklemi her yöne hareket edebilen bir eklemdir. Bu eklem üzerinden parmak yanlara ve aşağı- yukarı hareket edebilir. Yanlara yaklaşık 40 derecelik bir açıyla hareket ederken aşağı ve yukarı 60 derecelik bir sınır içinde hareket eder. PIP eklemindeki hareket 90 derecenin

üzerindeyken, DIP eklemindeki hareket 90 derecenin altındadır. Yani parmağın, hareket açısı en fazla olan eklemi PIP'dir. Gitar tekniği geliştirirken, parmak eklemlerinin bu hareket sınırları göz önünde bulundurulmalıdır.

Elin normal anatomisinin ve kinematiğinin bilinmesi, gitaristlerin tekniklerini geliştirirken mutlaka göz önünde bulundurması gereken unsurlardır. Eklemlerin açı sınırları ve hareket kabiliyetleri hesap edilerek sağ el tekniği geliştirilebilir. Bütün bunlara ek olarak doğru bir oturuş ve gitar tutuş pozisyonu ile omurganın uygun şekli alması gerekir.

Önkolun gitar üzerindeki yerleşimi ve el bileğinin açısı, parmaklara iletilen gücün ayarlanmasında çok önemli yeri vardır. Kasların gerginlik durumu, kas hızını değiştirerek performansı etkileyen bir unsurdur (Roos, 2016). Rahat ve dengeli bir önkol yerleşimi, uygun bir bilek açısı, kasların en etkin şekilde kasılabilmesine olanak tanır (Iznoala, 2000). Günlük hayattaki el hareketlerimizde MP eklemi, hareket gücünün merkezidir. Elimizle herhangi bir cismi kavrarken uygulanan gücün büyük kısmı MP ekleminde gelir. Fleksör digitorum süperfisialis ve profundus kasları, MP eklemi bükülmesinde görev alır. Parmağın en zayıf eklemiyse, sadece fleksör digitorum profundus sayesinde bükülen DIP eklemidir (Şekil 2.23). En az güç bu eklem üzerinden uygulanır. Bu nedenle, gitar icrası sırasında bu parmağın stabilitesini koruması, güç kaybını engellemek açısından önemlidir (Özgen, 2006).



Şekil 2.23. Parmak eklemlerinin gerilim kuvvetleri. En büyük gücü MP, en düşük gücü ise DIP eklemi uygulamaktadır.

2.5.1 Gitarın biyomekaniği ve diğer çalgılardan farkı

Yaylı çalgılar veya piyanoyla karşılaştırıldığında gitarın, özellikle sağ el açısından oldukça önemli biyomekanik farkları vardır. En önemli fark, diğer çalgılarda eller yer çekimine karşı hareket ederken, gitarda sağ el yer çekimine karşı hareket etmez. Önkol gitara yaslandığı için sağ eli havada tutmak için ek güç harcamak gerekmez ve el serbest hareket edebilir. Gitarda önkol, yaylı çalgılar ve piyanoya göre neredeyse hiç hareket etmez. Piyanoyla karşılaştırıldığında, en önemli fark, gitarda el yer çekimine karşı hareket etmez ve parmak hareketleri oldukça sınırlıdır. Piyanoda tuşlara belirli bir güç uygulamak gerektiği için başta MP olmak üzere tüm parmak eklemlerine daha fazla yük düşerken, gitarda tellere daha düşük kuvvet uygulanır. Bu nedenle, özellikle MP ekleminin üzerine düşen yük daha düşüktür ve hareket açısı da daha dardır.

2.6. Yaylı Çalgılar ve Piyanonun Çalış Biyomekaniği

Gitar icrasındaki el biyomekaniğinin diğer çalgılardan farkını daha net ortaya koymak açısından bazı çalgıların çalış biyomekaniğinden bahsedilmesinde fayda vardır. Özellikle, yaylı çalgıların ve piyanonun icrasındaki el biyomekaniği, gitara en yakın olanlardır. Ek olarak bu çalgılar, tel titreşimi ile ses elde edilmesi açısından da gitarla benzerlik gösterir. El biyomekaniği gitara benzeyen diğer bir enstrüman olan arp ile ilgi bu konuda yapılmış fazla bir çalışma bulunamadığı için, bu bölümde arpın çalış biyomekaniğinden bahsedilmemiştir. Arp çalış biyomekaniği ile ilgili bulunan tek çalışmada, arp icrası sırasında kullanılan kaslardaki sinyaller elektromiyogram (EMG) ile ölçülerek, hangi kasların ne düzeyde kasıldığı incelenmiştir (Chadefaux et al., 2020).

2.6.1 Yaylı çalgılarda kol ve el biyomekaniği

Başta keman olmak üzere, yaylı çalgıların biyomekaniği çeşitli çalışmalarda detaylı olarak araştırılmıştır. Yaylı çalgıları icra eden müzisyenlerde görülen sakatlanmaların mekanizmasını anlamak ve bunları engellemek amacıyla, omuz, kol, el bileği ve parmakların kinematik analizleri videolar yardımıyla yapılmıştır (Kelleher et al., 2013). Keman, ayakta çalınan bir çalgıdır ve sol köprücük kemiği (klavikula) ile çene arasına yerleştirilir. Sol omuz yükseltilmeden bir miktar boyun dönüşü (rotasyonu) ve yan eğimi (lateral fleksiyonu) ile dengeli tutuş sağlanır. Bu tutuşta başın ağırlığı kullanılarak çalgı taşınmalıdır ve sol omuz yükseltilmemelidir. Sol el başparmağı ile işaret parmağı arasında bulunan web aralığına keman sapı yerleştirilir. Sol dirsek bir miktar dış rotasyonla kemanın altında yer alır. Baş, kemanın salyangoz bölümünü görecektir şekilde pozisyonlanarak çalgı yere paralel bir şekilde tutulur. Bu

şekilde tutulan keman veya viyolanın dengesi sağlanmış olur (Açıkalın, 2019). Uygun kol ve el açıları sağlandığında el bileği ve parmakların gerginliği oldukça azalır.

Sağ eldeki yay, başparmak, orta parmak ve serçe parmak ile dengelenerek parmaklar hiç kasılmadan tutulur. Yay çekerken sağ omuz hep serbest olmalı, omuz başı elevasyonu yapılmamalıdır. Kaliteli bir sesin elde edilmesi için yay çekme esnasında arşe tellere 90° dik açıda tutularak ve bastırılmadan uygulanır.

Yaylı çalgılarda bulunan 4 tel birbirine göre farklı açılarda olduğu için müzisyenin çaldığı tele göre el bileği ve dirsek eklemlerine ait hareket genişliği değişir (Yağışan ve Aydos, 2014). Yay çekme esnasında hareket genişliği boyunca uygulanan tekniğe göre her hareket el bileği, ön kol ve dirsek eklemlerine dengeli bir şekilde bölüştürülerek tek bir ekleme yük binmesi engellenir. İcra esnasında kullanılan tele göre, dirsek eklemi bir miktar iç veya dış dönüş yaparak dirsek eklemi-el bileği uyumluluğu sağlanır ve hareket boyunca eklemlerde stresin çok az olması sağlanır (Moraes & Antunes, 2012).

2.6.2. Piyanoda kol ve el biyomekaniği

Piyanistlerin, tuşlara en uygun şekilde vurmaları için avuç içi ve parmakların duruşu ile elin şeklini değiştirmesi gerekir. Avuç içi hem düz hem de dördüncü ve beşinci parmakların başparmak ile karşı karşıya gelmesiyle yarım daire şeklinde kavislidir (Şen, 1999). Bu hareket sırasında, ikinci ve üçüncü metakarpal kemikler sabit durarak kavisli korur. Metakarpofalangeal (MP) eklemlerdeki kapanma (fleksiyon) ve açılma (ekstansiyon) hareketlerine göre parmak eğimleri artar ya da azalır. Böylece el, farklı aralıklardaki ses seviyelerini ortaya koymak için gerekli olan hareketlerin oluşmasını sağlar. Eldeki kavis, parmakların farklı çalma pozisyonlarına adapte olmasını ve başparmağın piyano tuşlarına yakın konumlandırılmasını sağlar. Bu da bir sonraki çalınacak tuşa başparmağın daha rahat ulaşmasını sağlar (İzci, 2019).

Başparmağı takiben diğer parmaklar da yeni çalma pozisyonuna geçerler. Parmaklar ve avuç içinin düzleşmesiyle parmaklar oktavları veya akorları çalmak için gevşerler. Esnemeyi takiben avuç içi ve parmaklar tekrar kavisli hale gelirler. Doğal pozisyonda el ve parmaklar esnek iken parmaklar kavisli pozisyonlarını devam ettirirler ve bu sırada piyano tuşlarının üzerindeki parmaklar fonksiyonel olarak aynı uzunluktadırlar (İzci, 2019).

Etkili çalma tekniği için kasların zamanında gevşemesi ve kasılması önemlidir. Çünkü uygun kasılma sayesinde hareketler daha hızlı bir şekilde ortaya çıkar. Parmaklar piyano tuşlarının üzerinde basarken kolun ağırlığı parmaklara düzgün bir şekilde aktarılır. Eğer kaslar

gevşek ise, hiç kasılması olmadan el, yerçekiminin etkisiyle el aşağıya doğru düşer. Bu düşüş kas kasılma kontrolünden daha hızlı gerçekleşir. Etkili bir teknik için gerekli olan kas gevşemesi bilinçsiz bir süreç içinde gerçekleşir. Müzik eğitimi boyunca, uygun kas kasılma ve gevşemeleri sonucu motor beceri oluşur (İzci, 2019). On yıl boyunca piyano eğitimi almış müzisyenler üzerinde yapılan bir çalışma, hiç piyano eğitimi almamış kişilere göre piyanistlerin el kullanma ve nesneleri kavrama becerilerinin çok daha fazla olduğunu göstermiştir (Fernandes & Barros, 2012).

3. YÖNTEM

3.1. Kinematik Analizler İçin Örnek Seçimi

Bu çalışmada, kendi alanında usta olarak kabul edilen klasik gitarist Pepe Romero, flamenko gitarist Paco de Lucia ve son yıllarda adını duyuran genç gitarist Grisha Goryachev'in gam performansları sırasındaki sağ el parmak kinematiği analiz edilip karşılaştırılmıştır. Çalışmaya Pepe Romero'yu dahil etmemdeki en önemli etkenler, dünyaca beğeni toplayan bir klasik gitarist olmasının yanı sıra, eski bir flamenkocu olmasıdır. Paco de Lucia'yı dahil etmemdeki en önemli etkenler ise, Paco'nun tüm flamenko gitaristlerce duayen kabul edilmesine ek olarak, oldukça yüksek pikado hızına ulaşmış olmasıdır. Hızlı gam icrası sırasında Paco her notaya gereken gücü ve değeri verip müzikaliteyi yüksek düzeyde tutmaktadır. Yıldızı yeni parlayan genç gitarist Grisha'yı dahil etmemdeki sebep ise, bu gitaristin hem klasik hem de flamenko kökenli olmasıdır. Yeteneği çocukluk yaşlarında keşfedilmiş olan Grisha'nın performansı Paco'yu da oldukça etkilemiş ve Grisha'nın ABD vizesi alarak önünün açılmasına bizzat aracılık etmiştir.

Kinematik analizlerde, her üç gitaristin internet üzerinden alınan birden çok konserlerine ait video görüntüleri incelenmiş ve hızlı gam kısımlarındaki apoyando veya pikado parmak vuruşları analiz için kullanılmıştır. Analizlere, benzer açıyla sağ el parmak hareketlerini en net gösteren videolar dahil edilmiştir. Bu videolar mümkün olduğunca yavaşlatılarak incelenmiş ve parmakların tüm hareketlerini içerecek şekilde çok sayıda fotoğraf görüntüsü alınmıştır. Daha sonra bu fotoğraflar tek tek detaylı olarak analiz edilmiştir.

İlk olarak, Pepe Romero'nun icra ettiği ve Joaquín Rodrigo'nun gitar ve orkestra için bestelediği "Fantasia para un gentilhombre" başlıklı konçertonun dördüncü bölümündeki

gamları boyunca gitaristin sağ el parmak hareketleri yavaş çekimle analiz edildi. Kinematik analizlere esas teşkil etmesi için konçerto boyunca, hızlı icra edilen ve apoyando tekniği ile çalınan gamlar seçilerek bunlar analize dahil edilmiştir.

İkinci olarak, Paco de Lucia'nın sağ el parmak hareketlerini en net gösteren videoları seçilerek analiz edilmiştir. Analizlere, icra ettiği eserlerden sadece pikado tekniğini kullandığı hızlı gam kısımları dahil edilmiştir.

Üçüncü analiz edilen gitarist olan Grisha Goryachev'in internette yayınlanan videoları incelenerek, sağ el parmaklarını en net gösteren videolarındaki görüntüler analiz edilmiştir. Analiz edilen tüm gamları Goryachev apoyando tekniği ile icra etmiştir.

3.1.1. Analizlere dahil edilen gitaristler hakkında bilgi

Araştırmama dahil ettiğim dünyaca tanınan gitaristlere ait biyografik bir makale ya da tez bulunamamıştır. Paco de Lucia'nın hayatına ait 2015 tarihli bir biyografik kitap mevcuttur ancak bu da İspanyolca yazılmıştır (Tellez, 2015). Pepe Romero ile ilgili yapılan taramalarda bulunan tek eser, kendisi tarafından 1982 yılında yazılmış olan bir gitar metodudur (Romero 1982). Ancak bu metotta, Romero'nun özgeçmişi yer almamaktadır. Paco, Romero ve Goryachev ile ilgili makale, tez veya araştırma gibi kaynakların yetersizliği nedeniyle, bu gitaristlerin biyografileriyle ilgili bilgilerin temelini, çeşitli internet sitelerinde yazılan kısa özgeçmişler oluşturmuştur. Kanımca, Paco ve Romero gibi kendi alanlarında önemli bir düzeye gelmiş gitaristlerle ilgili bilimsel nitelikte biyografik bir yazıya rastlanmaması, bu konudaki önemli eksiklerden biridir.

3.1.1.1. Paco De Lucia

Paco de Lucia, gerçek ismiyle Francisco Sanchez Gomez 21 Aralık 1947 yılında İspanya'nın güneyinde, Cadiz iline bağlı Algeciras'da doğmuştur. Yeni nesil gitaristler arasından en önemlilerinden biri olarak kabul edilen Paco de Lucia asıl ününe, flamenkoyu, caz, blues ve rock ritmi ile buluşturması sayesinde ulaşmıştır.

İlk olarak 1958 yılında 11 yaşındayken radyoya (Radio Algeciras) çıkmıştır. Bir yıl sonra prestijli Jerez flamenko yarışmasında özel ödül almıştır. 1961 yılında dansçı José Greco'nun flamenko grubuyla turneye çıkmış ve çeşitli ülkelerde konserlere katılmıştır. 1967'de ilk solo albümünü olan "*La Fabulosa Guitarra de Paco de Lucía*" yayımlamıştır.

1968 ile 1977 arasında dostu ve Yeni Flamenko müzisyeni Camarón de la Isla (Camaron) ile verimli bir işbirliği gerçekleştirmiştir. İkili birlikte on albüm doldurmuştur. 1969 yılında “Fantasia Flamenca” albümüne imza atan Lucia, 1973’te kendisini dünyaca ünlü hale getiren “Entre Dos Aguas” şarkısını çıkartmıştır.

John Mc Laughlin, Larry Coryell ve Al di Meola gibi caz dünyasının ünlü isimleriyle birlikte birçok konser gerçekleştirmiştir. 1993’de “Live in America” adlı canlı albüm, Lucia’nın kurduğu flamenko grubunu tarihe geçirmiştir. 3 yıl sonra John McLaughlin ve Al di Meola ile yeni bir albüm olan “Guitar Trio” ve dünya turu için tekrar bir araya gelmiştir. 1998’de altılı grubunu yediliye genişletmiş ve annesinin anısına Luzia albümünü kaydetmiştir.

“En İyi Albüm” dalında 2004 yılında Grammy kazanan Lucia, Türkiye’de de konserler vermişti. Ben de, bu büyük gitar ustasını 1984 yılında, 12. İstanbul Festivali’nde verdiği konserde dinleme şansına ulaşmıştım.

Gerek klasik gerekse flamenko gitaristlerin duayen olarak kabul ettikleri İspanyol gitarist Paco de Lucia, torunlarıyla tatil yaparken 26 Şubat 2014 günü geçirdiği kalp krizi sonucu 66 yaşında yaşamını yitirmiştir.

3.1.1.2. Pepe Romero

Kuşağının en tanınmış ve çok yönlü sanatçılarından olan İspanya doğumlu gitarist Pepe Romero’nun renkli ve şanlı bir kariyeri vardır. Pepe Romero’nun, babası Celedonio Romero ve erkek kardeşleri Celin ve Angel ile kurduğu, “Gitarın Kraliyet Ailesi” olarak da anılan Romeros Quartet, dünyanın önde gelen gitar topluluklarından biridir. Büyüleyici bir ustalıkla gerçekleştirdiği klasik müzik performansları, güçlü yorumları ve kusursuz tekniğiyle tanınan Romero, doğduğu yer olan Endülüs’ün geleneksel Flamenko müziğinin de tutkulu bir savunucusudur.

Romero, dünyanın en önemli orkestraları ve topluluklarıyla solist olarak sahneye çıkmış, ünlü şefler ve bestecilerle çalışmıştır. Henüz on beş yaşındayken çıkardığı ilk albümü “Flamenco Fenómeno”dan bu yana altmışın üzerinde albüm yapmıştır. Sir Neville Marriner ve Iona Brown yönetiminde Academy of St. Martin-in-the-Fields ile kırkın üzerinde konçerto seslendirmiştir. En son albümleri arasında yer alan Torroba: Guitar Concertos Vol. I ve Vol II, Federico Moreno Torroba’nın gitar konçertolarının tamamının NAXOS etiketiyle çıkan (gitarist Vicente Coves ve şef Manuel Coves ile yaptığı) kayıtlarından oluşmaktadır. Ekim 2016’da Dacapo Records, sanatçının Rafael Frühbeck de Burgos yönetimindeki

Danimarka Ulusal Senfoni Orkestrasıyla gerçekleştirdiği “Concierto de Aranjuez”in tarihsel canlı performansını yayımlamıştır.

Romero’nun Spanish Nights adlı (Celedonio Romero’nun Suite Madrileña No.1’inin ilk kaydını da içeren) yeni İspanyol solo derlemesi Deutsche Grammophon etiketiyle çıktı. Kasım 2012’de Pepe Romero, Ernesto Cordero’nun Concierto Festivo kaydıyla “En İyi Klasik Müzik Albümü” dalında Latin Grammy ödülüne aday gösterilmiştir.

Pepe Romero, 2004’te Güney Kaliforniya Üniversitesi’ne (USC) bağlı Thornton Müzik Okulu’nda Seçkin Konuk Sanatçı seçilmiştir. Müzisyen, USC, Salzburg Yaz Akademisi, Schleswig-Holstein Festivali ve Cordoba Gitar Festivalinde ustalık sınıfları vermiştir. Isabel la Catolica nişanıyla ödüllendirilen Romero, San Francisco Müzik Konservatuvarı ve Victoria Üniversitesi’nden müzik alanında onursal doktora derecesi almıştır; ayrıca anavatanında sanata katkıda bulunanlara verilen en yüksek nişan olan “Premio Andalucia de Musica” ödülüne değer görülmüştür. Pepe Romero, ödüllü “Shadows and Light: Joaquin Rodrigo at 90” belgeselinde yer alırken, Romero ailesi de PBS televizyonunda ve Alman televizyon kanalı NDR’de biyografik belgesellere konu olmuştur. Romero’lar müzik dünyasına katkıları ve mesleki başarıları nedeniyle 2007’de Grammy Ödülleri’nin yapımcısı olan Recording Academy’den Özel Liyakat Ödülü almışlardır.

3.1.1.3. Grisha Goryachev

St. Petersburg, Rusya’da 29 Aralık 1977’da doğan Grisha Goryachev, hem klasik hem de Flamenko alanında adını duyurmuş bir gitaristtir. Altı yaşında, babası ile gitar çalışmalarına başlayan Grisha, dokuz yaşında ilk solo konserini vermiştir. Hollanda’da 1991 yılında, çocuklar arasında düzenlenen bir uluslararası yarışmada ikincilik ödülü almış ve bunu takiben ABD’nin New York şehrine konser vermek üzere davet edilmiştir. Daha sonra çeşitli ülkelerde düzenlenen festivallere davetli sanatçı olarak katılmıştır.

İspanya turnesi sırasında Grisha, efsane isim Paco de Lucia’nın dikkatini çekmiş ve usta gitaristin desteğiyle, yetenekli sanatçı kontenjanıyla 1997 yılında ABD vizesi almıştır. Grisha, bu ülkede Flamenko ve klasik gitar üzerinde çalışmaya devam etmiştir. Klasikleşmiş Flamenko eserlerini, klasik müzik tınlarını ve klasik gitar tekniklerini de kullanarak yeni bir anlayışla düzenlemiştir. İspanya’da 2005 yılında düzenlenen 6. Uluslararası Klasik Gitar yarışmasında “İspanyol müziklerini en iyi yorumlayan gitarist” ödülünü almıştır. Yüksek lisans ve doktorasını Boston’da bulunan “New England” konservatuvarında Eliot Fisk’in öğrencisi olarak tamamlamıştır. Grisha, halen ABD’de konserlerine ve çalışmalarına devam etmektedir.

3.2. Önkol-el (Bilek) Açısı Analizi

Gitaristlerin hızlı pasajları icra ederken önkol-el açısı ayrı ayrı ölçülmüştür. Bileğin en dar ve geniş açıları tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Bu açı değişimleri sırasında parmak açı değişimleri ölçülerek bilek açısının parmak iç açıları üzerindeki etkisi incelenmiştir.



Şekil 3.1. El-bilek açısının hesaplanması. Bilekteki açı değişiminin hesaplanması için “abc” açısı ölçülüyor. Referans noktaları: a-dirsek eklemi (radius başı), b:bilek (radial stiloid), c: MP eklemi (metakarpofalangeal eklem)

Klasik gitarcıların kullandığı apoyando tekniğini, flamenko gitarcılarının pikado tekniğinden ayıran temel unsurlardan biri genellikle önkol-el açısı, yani bilek açısının farklı olmasıdır. Önkol-el açısını değiştirmek, her ne kadar parmak ucunun tele vuruş bölgesini değiştirse de parmağın hareketi sırasında kendi içindeki açılar değişmemektedir. Kısaca, el bileğinin bükülü ya da düz olması, blok olarak parmağın hareketini etkilememekte, sadece elde edilen sesin rengini değiştirmektedir. Diğer bir deyişle, el bileğinin açı değişimleri parmak kinematik analizlerini etkilememiştir. Kaldı ki, el anatomisi ve fizyolojisi düşünüldüğünde, elin bileğinin içe (medial) ya da dışa (lateral) hareketleri, bükücü (fleksör) ya da gerici (ekstansör) kaslar üzerinde ekstra bir gerginlik yaratmadığı için parmak hareketlerini de önemli ölçüde etkilememektedir.

3.3. Sağ El Parmaklarının Kinematik Analizi

Mevcut çalışmada, hızlı pasajların apoyando ve pikado teknikleri ile çalınması sırasında önkol-el açısı, parmak açı ve hareketlerini ayrı ayrı analiz edip bunlar karşılaştırılmıştır. Analizlerde, internetten elde edilen videolardan faydalanılmıştır. Videoların çoğunun analizler

için gerekli ideal çekim açısında olmaması nedeniyle, orta parmak (m) net olarak görüntülenememiş ve esas olarak işaret (i) parmağının kinematik analizi yapılmıştır.

Kendi alanlarında dünya çapında usta kabul edilen iki gitarist, Paco de Lucia ve Pepe Romero incelenmiştir. Ek olarak, genç kuşak gitaristleri temsilen, hem klasik hem de flamenko alanında çalışmalarını sürdüren Rus asıllı gitarist Grisha Goryachev de çalışmaya dahil edilmiştir. Analizlerde, gamların baştan sona icraları sırasında, önkol-el ve parmakların yaptıkları hareketler incelenerek hareket açıları hesaplanmıştır.

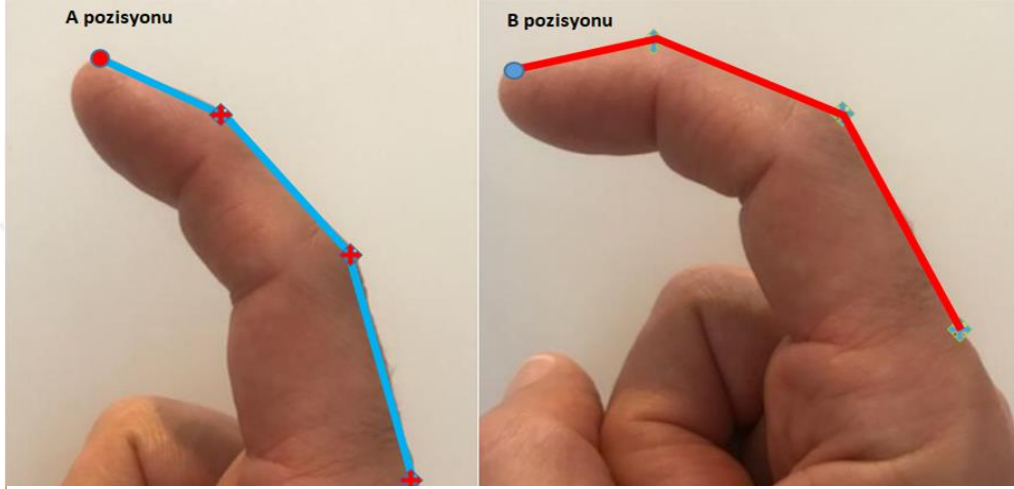
Gamlara ait fotoğraflar incelendiğinde, parmakların teller üzerindeki hareket yönüne göre açılarında önemli değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Buna göre parmak açıları, aynı telde, yukarı doğru ve aşağı doğru hareketlerinde üç ayrı grup atında analiz edilmiştir. Gam boyunca, aynı telde ya da yukarı tellere geçişlerde parmak açılarının daha az değişkenlik gösterdiği, yani daha sınırlı hareket ettiği görülmüştür. Parmakların aynı teldeki sınırlı hareketi sırasında ölçülen açılara “*minimum hareket açısı*” denilmiştir. Özellikle alt tellere geçiş sırasında parmak hareketlerinin daha fazla değişkenlik gösterdiği durumlardaki açılara “*maksimum hareket açısı*” denilmiştir. Gitaristlerin, aynı telde çalması ve tel geçişleri sırasındaki parmak açılanma değişimi, yani maksimum ve minimum açılanma değişimleri karşılaştırılmıştır.

Tüm kinematik ölçüm ve hesaplamaların el anatomisi dikkate alınarak yapılmıştır. Anatomik referans bölgeleri, analizlerimizde temel çıkış noktaları olmuştur (Şekil 3.2).



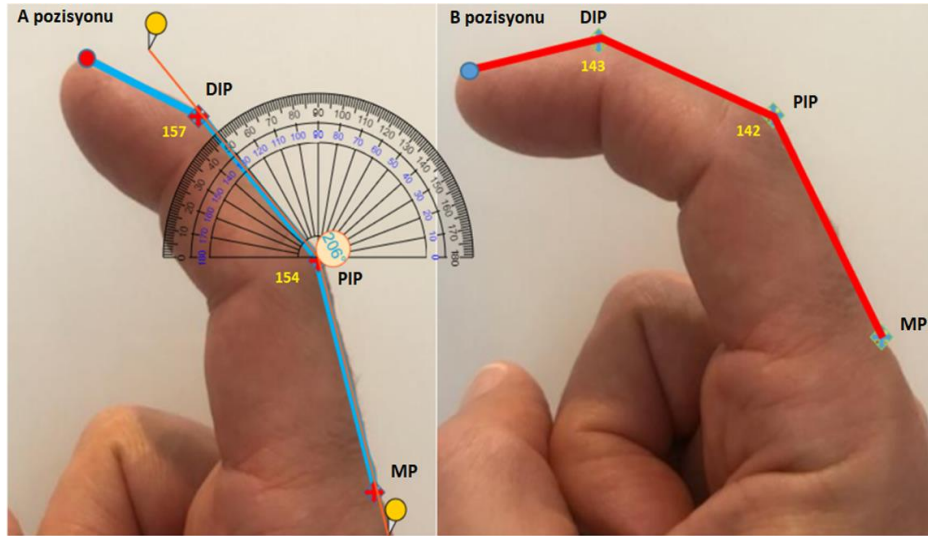
Şekil 3.2. El anatomisi ve referans bölgeleri

Kinematik analizler için, aynı telde ve teller arasındaki geçişlere ait olmak üzere tüm tellerdeki parmak hareketlerine ait çok sayıda görüntü alınmıştır. Normalin %25'i hızındaki çekimlerde tüm gam (alt ve üst teller dahil) boyunca parmak hareketlerini gösteren ortalama 15 resim alınarak bunlar incelenmiştir. Farklı pozisyonlardaki parmak kemiklerindeki eklemler işaretlenerek aralarındaki mesafe çizgiyle birleştirilmiştir (Şekil 3.3).



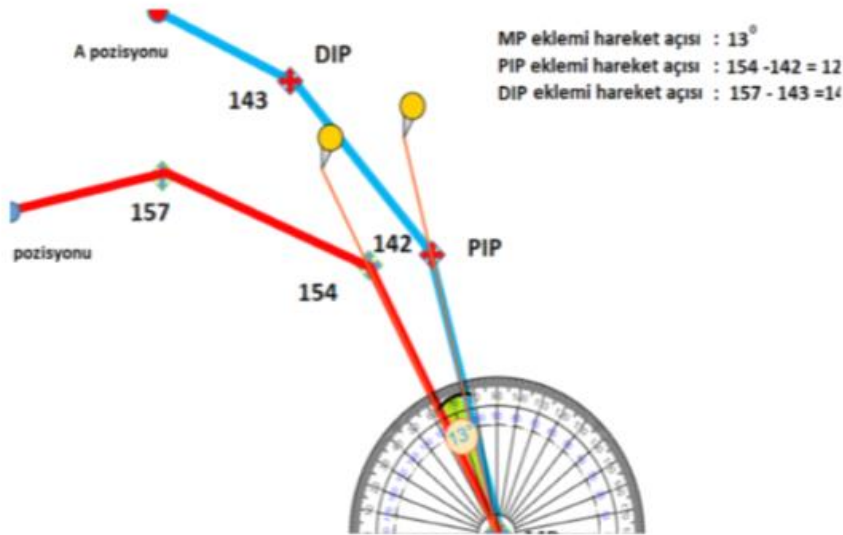
Şekil 3.3. Eklemler ve falanksların işaretlenmesi. Analizlerde ilk olarak parmağın farklı pozisyonlarında, eklemler ve falankslar işaretlenmiştir. Not: Bu parmak resimleri, referans noktalarının ve işaretlerin daha net görülebilmesi açısından gitar icra ederken değil, parmağın serbest hareketi sırasında alınmıştır.

İşaret parmağı (indeks-i) ve orta parmağın (medius-m) tüm hareketleri boyunca eklem açıları bilgisayar yardımıyla ölçülmüş ve parmak ucu havalanma mesafesi hesaplanmıştır. Metacarpofalangeal (MP), proksimal interfalangeal eklem (PIP) ve distal interfalangeal (DIP) olmak üzere tüm eklemlerin açısı ayrı ayrı bilgisayar yardımıyla belirlenerek, hareket boyunca oluşan en dar ve en geniş açılar belirlenmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Parmaktaki en dar ve en geniş açıların belirlenmesi. Farklı pozisyonundaki eklemler ve falankslar işaretlendikten sonra eklemlerin açıları ölçülmüştür.

Daha sonra, gam performansındaki parmak hareketleri sırasında, tüm eklemlerdeki açı değişikliği, en geniş açı ile en dar açının farkı alınarak ayrı ayrı hesaplanmış ve böylece her eklem için “eklem hareket açısı” belirlenmiştir (Şekil 3.5).

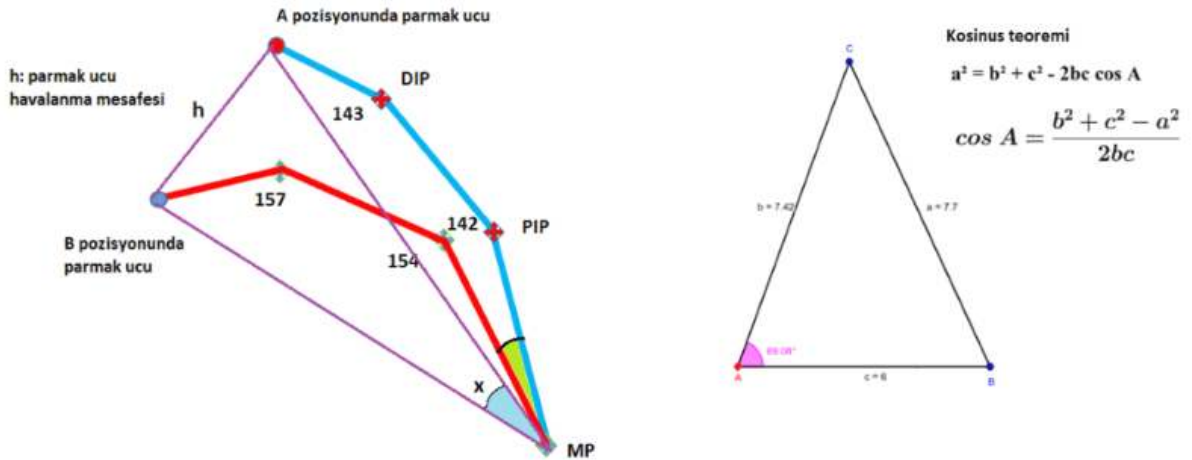


Şekil 3.5. Eklem hareket açısının belirlenmesi. Parmağın farklı pozisyonundaki MP açısı ölçülmüş, PIP ve DIP eklemlerinin en geniş ve en dar açısının farkı hesaplanarak “eklem hareket açıları” belirlenmiştir.

Gitaristlerin farklı videolarındaki aynı tel üzerindeki veya üst tellere doğru ilerlediği hızlı pasajlardaki sınırlı parmak hareketleri sırasında oluşan eklem hareket açıları (minimum açılanma), seri resimlerde ayrı ayrı hesaplanarak ortalaması alınmıştır. Aynı şekilde, alt tellere geçişte, yani eklemlerin daha fazla açıldığı parmak hareketleri (maksimum açılanma) sırasındaki eklem açıları da ayrı ayrı hesaplanarak ortalaması alınmıştır.

Tüm gitaristlerin gam icraları sırasındaki parmak açıları belirlendikten sonra, MP, PIP ve DIP açı ortalamaları her eklem için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalarda anlamlı farklılıklar araştırılmıştır.

Parmak açı analizlerini takiben parmak ucunun (distal falanks) havalanma mesafesi, yani her vuruşta parmak ucunun telden ne kadar yükseğe çıktığı, “kosinus teoremi” kullanılarak online bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Parmak ucu havalanma mesafesinin hesaplanması. Bu ölçümler, online bilgisayar programı yardımıyla “kosinus teoremi” kullanılarak yapılmıştır.

3.4. Dakika Başına Düşen Vuruş Sayısının Hesaplanması (Beat per minute-BPM)

Araştırmaya dahil edilen tüm gitaristlerin gamları çalış hızları belirlenmiştir. İlk olarak gitaristlere ait tüm videolar yavaşlatılarak gamlar sırasındaki vuruşların dakikadaki sayısı hesaplanmıştır. Bunu hesaplarken, online “Beat per minute (BPM) counter” programı kullanılmıştır. Gitaristlerin gam performans hızları, farklı gamlarda ayrı ayrı hesaplanarak minimum, maksimum ve ortalama vuruş hızı belirlenmiştir. Gitaristlerin farklı videolarındaki farklı pasajlarda hesaplanan vuruş hızları, gamın uzunluğuna ve eserin yapısına göre bir miktar değişim göstermekteydi. Her üç gitaristin dakikadaki vuruş hızı ortalaması karşılaştırılmıştır. Daha sonra vuruş hızları ve eklem açıları arasındaki bağlantı araştırılmıştır.

3.5 Kullanılan İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Gitaristlerin MP, PIP ve DIP eklem açıları ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Gitaristlerin ikili kombinasyonları yapılarak iki gruptaki eklem açısı ortalamalarını karşılaştırmak için t testi (Student’s *t* test) kullanılmıştır. Bazı eklemler içinse her üç gitaristin ortalama eklem açılarını karşılaştırmak için varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. F ve p değerleri hesaplanarak gruplar arasındaki farkın anlamlılık düzeyi araştırılmıştır.

Her gitarist için hızlı pasajların dakikadaki vuruş sayısı belirlendikten sonra gitaristlerin ortalamaları öğrenci t testi ile ayrı ayrı karşılaştırılarak anlamlı farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Ortalamalar karşılaştırılırken her gitariste ait 10 farklı açı değeri analize dahil edilmiştir. Önem düzeyi (significance level) 0.05 kabul edilerek p değeri hesaplanmıştır.

Gitaristlerin dakikadaki vuruş sayısı ile parmak eklem açıları arasındaki bağlantı Pearson korelasyon testi kullanılarak analiz edilmiştir. Aynı ekleme ait farklı açı değerleri ile gitaristin ulaştığı dakikadaki vuruş sayısı arasındaki bağlantı araştırılmıştır. Analizlere, parmak açılarının en az olduğu pasajlar, yani minimum hareket açıları dahil edilmiştir. Bu analiz MP, PIP ve DIP eklem açıları için ayrı ayrı yapılarak “R skoru” elde edilmiştir. Analizlerde, R skorunun “1” olması çok kuvvetli pozitif korelasyon, “-1” olması ise çok kuvvetli negatif korelasyon kabul edilmiştir. Bunu takiben önem düzeyi 0.05 kabul edilerek p değeri hesaplanmıştır.

3.6. Analizlerin Önündeki Kısıtlamalar

Kinematik analizlerin, gerçek zamanlı görüntüler üzerinden yapılmayıp, gitaristlerin video görüntüleri ile sınırlı olması ve bu çekimlerin yüksek kalite olmaması, çalışmanın önemli

kısıtlayıcı unsurlarıdır. Ek olarak, video görüntülerinde işaret parmağının (index-i), orta parmağı (medius-m) kapatması, bu parmağın açılarını net olarak hesaplama imkânını önemli ölçüde sınırlamıştır. Bu nedenle analizlerimiz temel olarak işaret parmağı üzerinden yapılmıştır. Ancak, uygun görüntülerde, orta parmak da mümkün olduğunca analiz edilmiştir. Orta parmak analizi tüm gitaristler için yapılamamış olsa da, işaret parmağının kinematiğinin belirlenmesi, gitaristin hızlı solo tekniğın anlaşılması için büyük ölçüde yeterli olacağı kanısındayım.

Analizlerde, her ne kadar benzer açılarla çekilmiş olan video görüntüleri kullanılmış olsa da, videolar arasındaki açı farklılıkları, hesaplanan parmak açılarını etkileyebilmektedir. Bu nedenle hesaplamalar, gitaristlerin mümkün olduğunca aynı açıyla çekilmiş videoları üzerinden yapılmıştır. Ancak yine de video çekim açısı farklılıkları, parmak açıları üzerinde az da olsa yanılmaya yol açabilmektedir. Gitaristler, kendilerinin veya öğrencilerinin parmak kinematik analizlerinde, tam olarak aynı açıyla çekilen görüntüleri kullanmalarını önermekteyim.

Açı ölçümlerinde kullanılan referans çizgileri insan gözüyle belirlendiği için hafif kaymalar olabilmekte, bu da eklem açılarında birkaç derecelik farklılıklara yol açabilmektedir. Ek olarak, müziğin akışına ve tel değişimlerine göre gitaristin farklı parmak pozisyonları alması da, benzer gamlardaki parmak açılarını yüksek miktarda değiştirerek kinematik analizleri zorlaştırmıştır. Örneğin, Pepe Romero, bazen gam finalinde DIP eklemi bükerek açığı önemli ölçüde değiştirmekte, bu da analizleri zorlaştırmaktadır. Paco ise, gam finalinde bazen son notayı vurguladıktan sonra parmağını fazla yukarı kaldırarak analizleri yanıltabilmektedir. Bu tür kısıtlamaları engellemek için birden fazla videoda ve birden fazla gam üzerinde çok sayıda resim alınarak olası tüm parmak pozisyonları ve açılar analiz edilmiştir. Mümkün olduğunca, gam sırasında bir kez yapılan istisnai parmak hareketler belirlenerek, örneğin parmağı aşırı bükme ya da aşırı kaldırma gibi, bunlar hesaplama dışı bırakılmıştır. Aynı tel üzerindeki i-p hareketleri, tel geçişlerindeki hareketlerden ayrı olarak analiz edilmiştir.

İncelenen videolarda, gitaristlerin çaldığı pasajların uzunluğu ve gamın yönünün önemli farklılık göstermesi de çalışmamdaki kısıtlamalardan biri olmuştur. Zira kısa pasajlarda (örneğin iki teli içeren pasajlar) veya sadece üst tellere doğru yapılan gamlarda parmak açıları farklılık göstermekteydi. İdeal bir karşılaştırma için tüm gitaristlerin aynı gamı çaldığı videolar üzerinde analiz yapılmasının daha uygun olacağını düşünmekteyim. Ancak, internet üzerinde bu maksatla kullanılabilecek videolar bulunamamıştır.

Videolardan elde edilen görüntüler, analiz için büyütülmüştür. Görüntüler büyütüldüğünde netlik kaybolmuş ve referans noktalarını belirlemek zorlaşmıştır. Videoların net olmaması analizlerin önündeki bir kısıtlama kabul edilmiştir. Yüksek çözünürlüğe sahip cihazlarla çekilen gerçek zamanlı videolardan elde edilecek görüntülerin bu kısıtlamaları kaldıracağını düşünmekteyim.

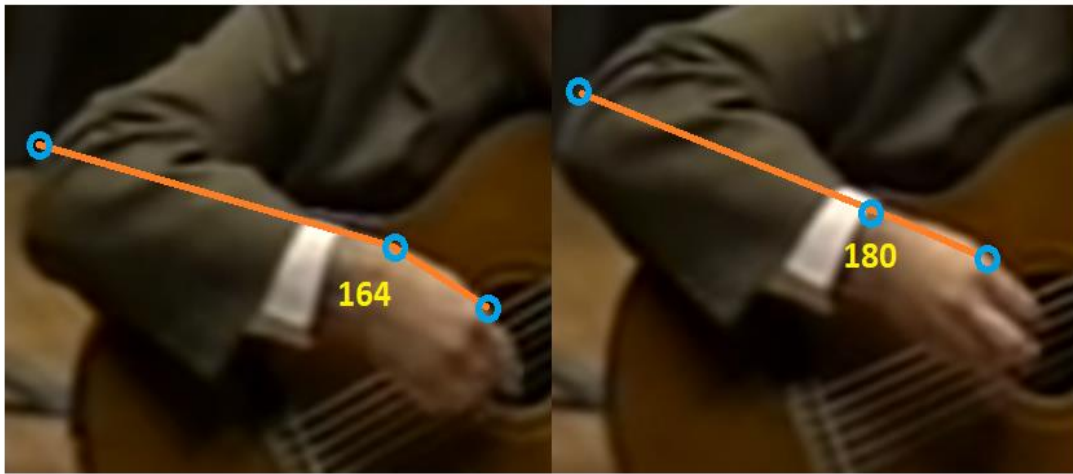
Her iki gitaristin, apoyando ve pikado gibi birbirinin modifiye şekli olan farklı teknikle çalmaları, çalışmamda bir kısıtlama olarak karşıma çıkmayıp, aksine hızlı gam icrasının analizinde farklı bakış açısı getirmesi yönüyle oldukça yararlı olmuştur.

4. BULGULAR

4.1. Pepe Romero

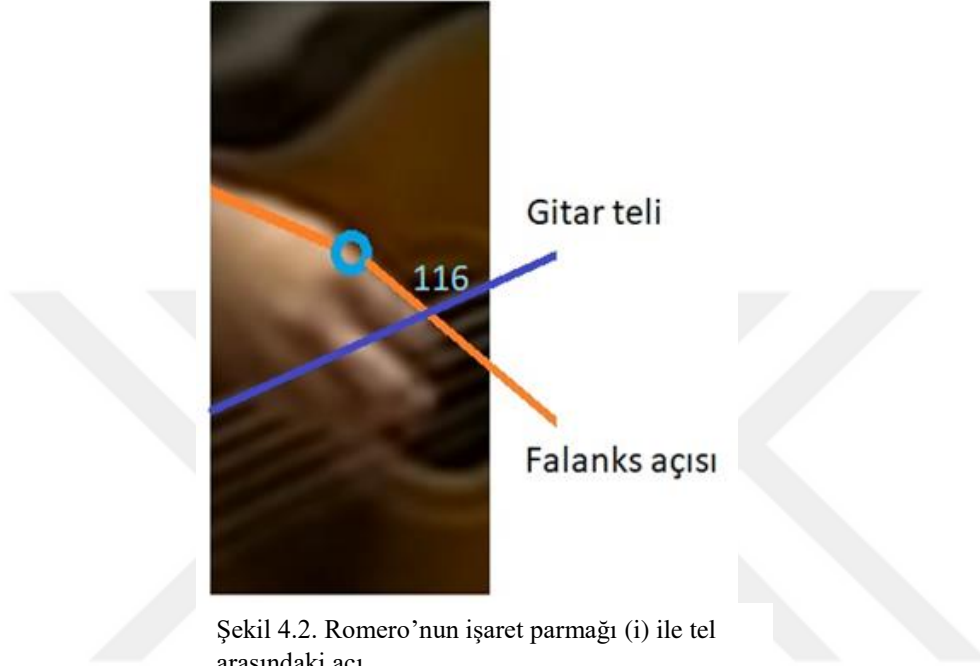
4.1.1. Önkol-el eklemi:

Romero'nun önkolu ve eli arasındaki açı (el-bilek açısı), gamların icrası sırasında değişim göstermekteydi. Yaptığım ölçümlerde Romero, alt-üst tel geçişlerinde yaklaşık 16 derece kadar bileğini büküyordu (Şekil 4.1). Bileğin bu farklı hareketleri sırasında yapılan kinematik ölçümlerde, parmağın açıları ve hareket şeklinde bir değişiklik olmadığı tespit edildi. Bu bulgu, bilek açısının apoyando sırasındaki parmak açıları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermesi açısından önemlidir.



Şekil 4.1. Pepe Romero'nun bilek açısı değişimi. Hızlı apoyando sırasında Romero'nun önkolu ve eli arasındaki açı (bilek açısı) değişim göstermektedir.

Gam icrası sırasında, Romero'nun indeks parmağı ile tel arasındaki açı da ölçüldü. Bu açı 116 derece bulundu. Bu açının, klasik gitar tekniğinde alışılmış olan yatay bir açı olduğu gözlemlendi (Şekil 4.2). Flamenko gitaristler, gam icrası sırasında bileklerini daha fazla bükmekte ve falankslar tellere daha dik bir açıyla vurmaktadır.



Şekil 4.2. Romero'nun işaret parmağı (i) ile tel arasındaki açı.

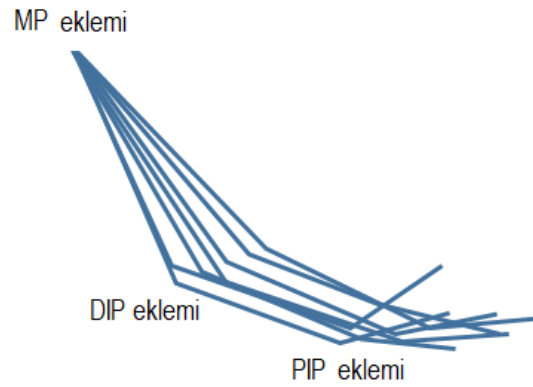
4.1.2. Parmakların kinematik analizi

Pepe Romero'nun gam performansı sırasında indeks parmağının tüm hareketleri arasındaki açılar hesaplanmıştır. Bunun için, videolardan elde edilen seri fotoğraflar kullanılmıştır (Şekil 4.3). Her resimde, i parmağının hareketleri çizilerek, açıları ayrı ayrı hesaplanmıştır.



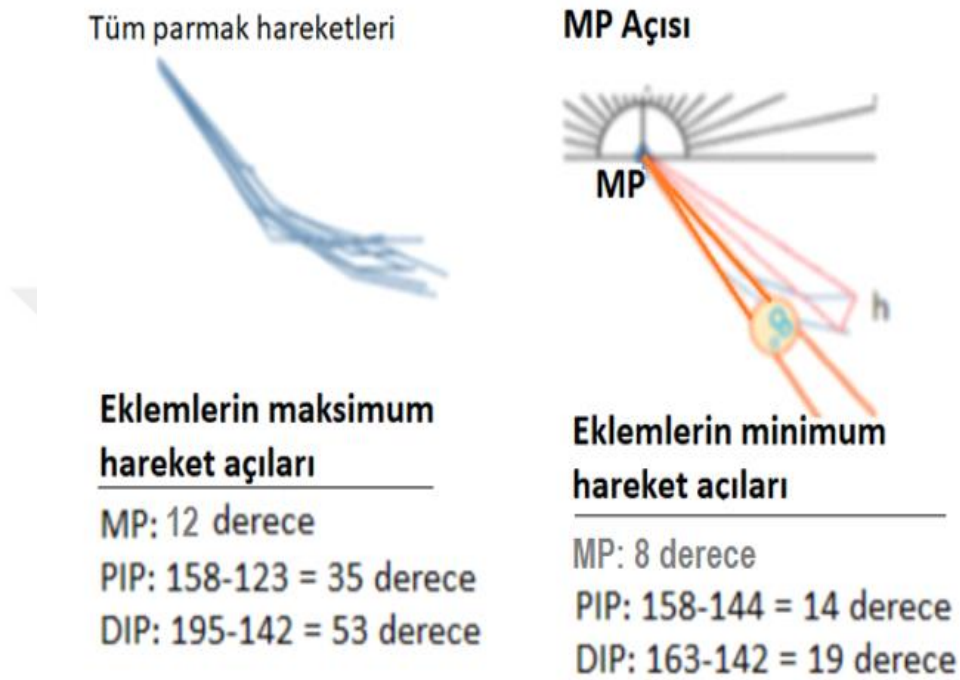
Şekil 4.3. Pepe Romero'nun parmak hareketlerini gösteren seri fotoğraflar. Gam icrası sırasında çok sayıda resim alınarak tüm parmak hareketleri işaretlendi ve açılar ölçüldü.

Bu çizimler ayrıca üst üste getirilerek tüm parmak hareketlerinin çizgisel bir animasyonu oluşturulmuştur (Şekil 4.4). Hareketin bütünlüğünün anlaşılması açısından bu çizimler oldukça yararlı olmuştur.



Şekil 4.4. Pepe Romero'nun gam sırasındaki tüm parmak hareketlerinin çizgisel animasyonu.

Pepe Romero'nun tüm parmak hareketleri boyunca en az hareket eden eklem, ortalama 8 derece ile MP olmuştur. PIP maksimum 35 derecelik bir açı değişikliği göstermiştir. PIP eklemindeki yüksek açı değişikliği, özellikle alt tellere geçişleri sırasında tespit edilmiştir. DIP'de ise 53 derecelik bir değişim gözlenmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Pepe Romero'nun tüm gam boyunca ölçülen parmak açıları. En yüksek (maksimum) açılanması ve en dar (minimum) eklem açılanması hesaplandı.

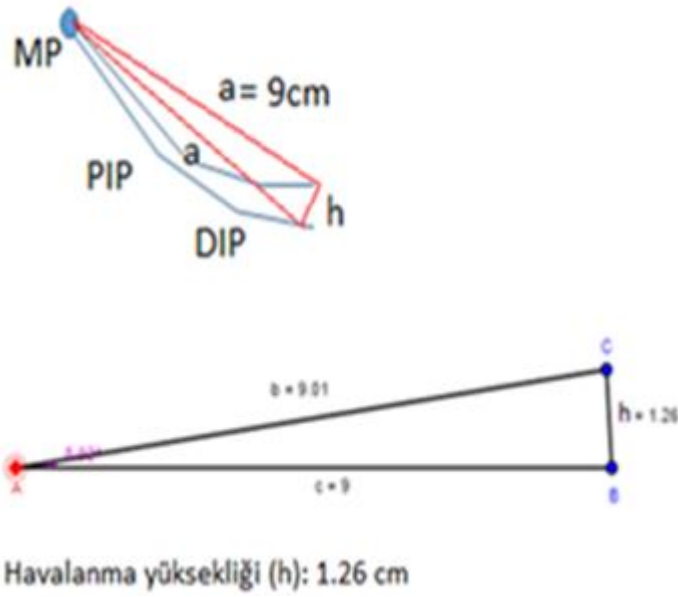
DIP'deki yüksek açı farklılığının sebebi ise, Pepe Romero'nun vuruş sonrası üst tele distal falanksı yaslayarak DIP eklemini geriye doğru bir miktar bükmesidir (Şekil 4.6). Bu bükülmenin, Romero'ya hız kaybettiren bir unsur olduğunu düşünmekteyim. Ancak diğer bir görüşe göre, Romero'nun tel geçişleri arasındaki DIP eklemindeki bükülmenin esas sebebi, ustanın ardışık tellerdeki vuruşu aynı parmakla gerçekleştirmesidir. Gamlarda hız arttırmak için kullanılan bu tekniği Aguado tanımlamıştır: “Eğer alt ve üst tellerdeki iki nota çok kısa aralıkla çalınacaksa, işaret parmağı birinci ve ikinci tele vurup üçüncü tel üzerinde dinlenebilir”. Bu tür vuruş gitariste hız kazandırmak için geliştirilmiştir. Ancak bu teknik DIP ekleminde aşırı bükülmeye yol açarak uzun gamlarda sonuç olarak hız kaybettirmektedir.



Şekil 4.6. Pepe Romero'nun DIP eklemindeki bükülme. Vuruş sonrası parmağı üst tele yasarken DIP eklemindeki bükülme meydana geliyor. Not: Video görüntüsünden elde edilen bu resmin büyütülmesi nedeniyle netliği azalmıştır.

Parmakların teller arasındaki geçişi sırasında, özellikle alt tele geçişte, eklemlerde en fazla açı değişikliği, yani maksimum açılanma gözlenmiştir. Alt tellere geçişte Pepe'nin MP eklemindeki açı 8 dereceden 12 dereceye çıkmaktadır. Diğer bir deyişle, MP ekleminin *maksimum hareket açısı* 12 derece olmuştur. Romero'nun diğer eklemlerdeki açı değişim oranı daha fazlayken MP eklemi oldukça sınırlı hareket etmektedir. Gamları icra sırasında elde ettiği yüksek hızı bu sayede koruyabilmektedir.

Parmakların aynı teldeki vuruşları veya üst tellere geçişi sırasında, eklemlerde en az açı değişikliği gözlenmiştir. *Minimum hareket açısı* gözlenen bu pozisyonlarda, PIP açısı ortalama 14 derece bulunmuştur. DIP ise 19 derece olmuştur (Şekil 4.5). Parmak ucu (distal falanks-DP) havalanma yüksekliği ortalama 1.26cm bulunmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Pepe Romero'nun parmak ucu (distal falanks) havalanma yüksekliği $h: 1.26\text{cm}$

Özet olarak, Pepe Romero'nun hızlı gamlar sırasında en az hareket eden, yani en stabil eklemi MP (8°) olmuştur. İkinci sırada 14° derece ile PIP'dir. Ancak bu açı, hareket sırasında 35° dereceye kadar çıkmaktadır. En fazla hareket eden eklemiyse 19° derece ile DIP olmuştur. Vuruş sonrası üst tele yaslamasından dolayı bu açı 53° derecelik değişim gösterdi.

Pepe Romero'nun orta parmağı videolarda net görüntülenemediği için bu parmağın kinematik analizi yapılamamıştır.

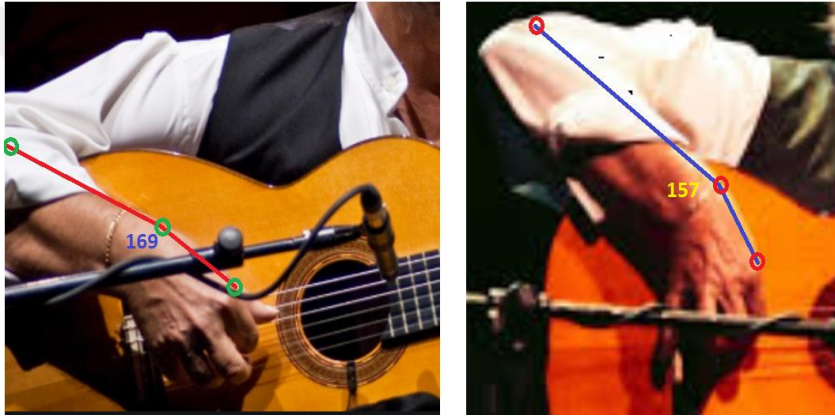
4.1.3. Dakikadaki vuruş sayısı

Pepe Romero'nun, hızlı pasajları içeren az sayıda videosu bulundu. İncelenen videosunda üç tane hızlı ve uzun pasaj vardı. Romero'nun hesaplanan maksimum hızı dakikada 616 vuruştur. Aynı eseri çalan başka bir klasik gitaristle (John Williams- dakikada 512 vuruş) karşılaştırıldığında bu oldukça yüksek bir hız olarak değerlendirilmiştir. Romero'nun ulaştığı bu yüksek hızda flamenko kökenli olmasının etkisi olduğunu düşünmekteyim. Bu hız diğer flamenko gitaristlerle kıyaslandığında daha düşüktür. Ancak, Romero'nun analizlerinde kullanılan vidonun bir klasik gitar eseri olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. İnternet ortamında, gitaristin flamenko eserine rastlanmadığı için, bu müzik türünde azami hangi hızla çaldı konusu bilinmemektedir.

4.2. Paco de Lucia

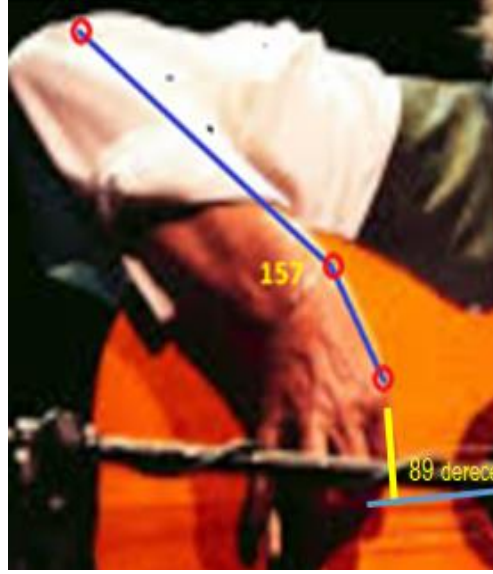
4.2.1. Önkol-el eklemi

Paco de Lucia'nın önkol-el eklemine, birçok Flamenko gitaristinde olduğu gibi pikado sırasında büküldüğü gözlemlendi. Bileğin bu açılanması, parmakların tüm tellere dik bir açıyla vurmasını, böylece tırnağın uç kısmının tele temas etmesini sağlamaktadır. Yaptığım ölçümlerde Paco'nun, alt-üst tel geçişlerinde bileği yaklaşık 12 derece kadar bükülüyordu (Şekil 4.8). Bileğin bu farklı hareketleri sırasında yapılan kinematik ölçümlerde, bilek açılarının parmağın açılarını ve hareket şeklini etkilemediği tespit edildi.



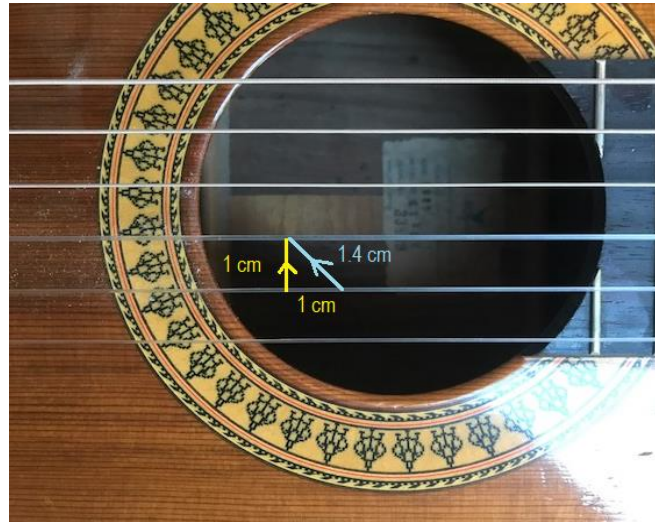
Şekil 4.8. Paco de Lucia- tel geçişleri sırasındaki bilek açıları.

Paco'nun, özellikle hızlı pasajları çalarken bileğinin aldığı açı, ulaştığı hızın altında yatan önemli unsurlardan biri olduğunu düşünüyorum. Hızlı pasajlarda falankslar tellere neredeyse dik açıyla temas etmektedir (Şekil 4.9). Romero'nun 116 derece olan parmak- tel açısı, klasik gitarcılarının yatay açıyla tele vurmalarına önemli bir örnektir. Bununla kıyaslandığında, Paco tellere oldukça dik bir açıyla (89 derece) vurmakta, böylece parmağın hareket mesafesi azalmakta, dolayısıyla dakikadaki vuruş sayısı artmaktadır.



Şekil 4.9. Hızlı pasajlarda Paco de Lucia'nın parmağının tele vuruş açısı. Falanks-tel açısı 89

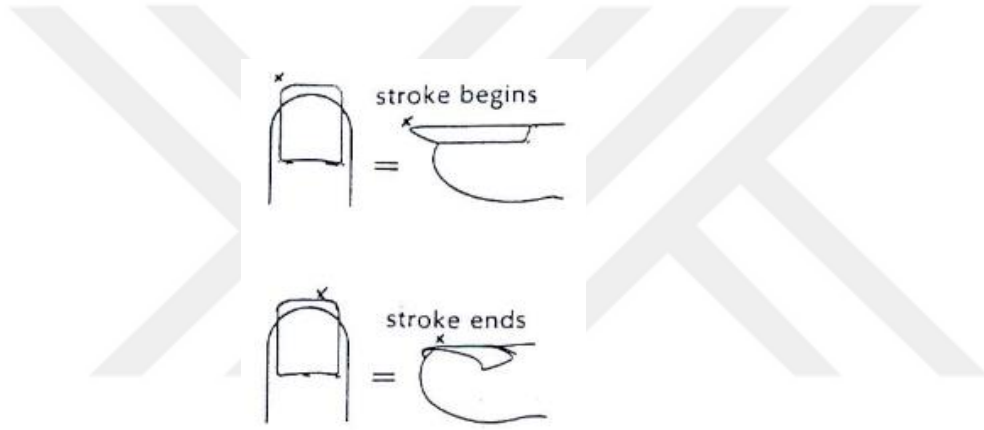
Gitar telleri üzerinde yaptığım ölçümlerde, vuruş açısı ve parmağın kat ettiği mesafenin miktarı daha net görülmektedir. Gitarda, teller arasındaki mesafe yaklaşık 10mm'dir. Apoyando vuruşta parmağın kat ettiği yol, pikadoya göre yaklaşık 4mm (%40) daha fazladır (Şekil 4.10). Apoyando vuruş sırasında, birim zamanda daha fazla yol kat eden parmak bu süre içerisinde daha az sayıda vuruş yapacaktır, yani hızlı pasajları çalış hızı düşecektir.



Şekil 4.10. Teller arasındaki mesafe (1cm). Sarı çizgi, pikado vuruş sırasında, mavi çizgi apoyando vuruş sırasında parmağın kat ettiği yolu göstermektedir.

Paco de Lucia, parmak kinetiğindeki bu kurallar gereğince, çok hızlı çalınması gereken pasajlarda el bilek açısını daraltmakta yani bileğini biraz daha bükmektedir. Böylece tellere daha dik açıyla vurarak hareket mesafesini azaltmaktadır.

Pikadoda tırnak ucu ile yapılan bu dik vuruş ile parlak, güçlü ancak nispeten tiz bir ses elde edilir. Apoyandodaki, tırnağın iç tarafıyla yapılan yatay vuruş ise gitardan daha dolgun tok bir ses elde edilmesini sağlar. Bu nedenle klasik gitaristler genellikle apoyando vuruşu tercih etmektedirler. Romero, kendi sağ el tekniğini anlattığı metodunda, tırnağın tele vuruşunu detaylı olarak tarif etmiştir. Tok bir ses elde edilmesi için tırnağın iç tarafıyla tele vurulmasını önermiştir (Romero, 1982) (Şekil 4.11).

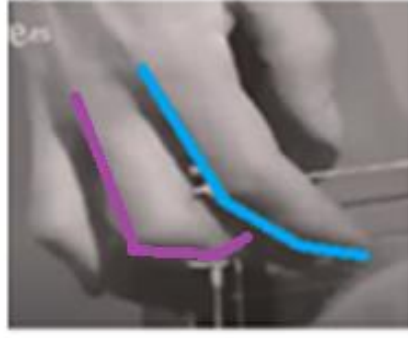


Şekil 4.11. Romero'nun vuruşlar sırasında tele temas eden tırnak bölgesi. Romero, dolgun bir ses elde edilebilmesi için, tele vururken ilk olarak tırnağın iç tarafı temas etmesini önermektedir.

4.2.2. Parmakların kinematik analizi

4.2.2.1. İşaret parmağı (i)

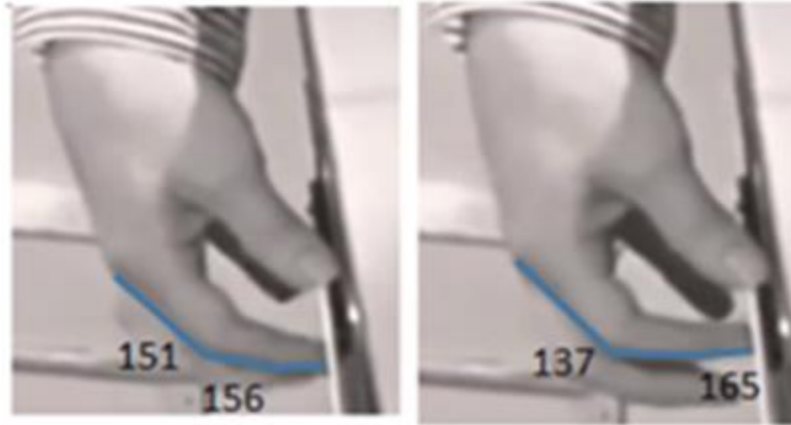
Paco de Lucia'nın kaç parmağı ile solo attığı, onula ilgili en çok merak edilen konulardan biridir. Böyle yüksek bir hıza 3 parmağı ile ulaşabiliyor gibi görülse de, birçok flamenko gitarist gibi picado tekniğinde sadece iki parmağını, yani "i" ve "m"yi kullanmaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Paco de Lucia'nın pikoda sırasında kullandığı "i" ve "m" parmakları.

Paco de Lucia'nın, hızlı gamlar sırasında en az hareket eden eklemi, Pepe Romero'da olduğu gibi MP eklemidir (Şekil 4.13). Bu açı minimumu 5 derecedir ve Pepe Romero'dan daha düşüktür. MP eklem açısı, özellikle alt tellere geçişlerde, her iki gitaristte de artmakta olup Paco'da 14 dereceye kadar ulaşmaktadır. Ancak Pepe'den farklı olarak, geçişlerde Paco'nun PIP ve DIP eklemlerindeki açı değişim oranı daha düşüktür.

İkinci sırada 14 derece ile PIP eklemi hareket etmektedir (Şekil 4.13). Bu açı Pepe Romero'nunkine benzerdir. Ancak Romero'nun PIP eklemi tüm hareketlerde maksimum 35 dereceye çıkarken Paco'nun bu eklemdeki hareket en fazla 22 dereceye çıkmaktadır.



Eklem açıları:

MP: 5 derece

PIP: 151-137: 14 derece

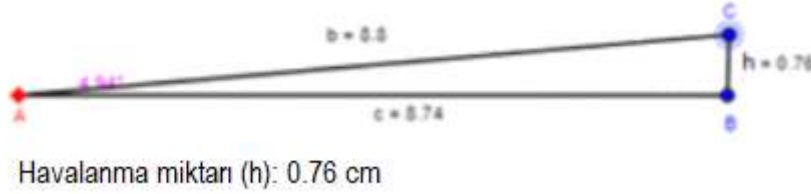
DIP: 165-156: 9 derece



Şekil 4.13. Paco de Lucia'nın pikado sırasındaki parmak hareketleri. MP eklemi 5, PIP eklemi 14 ve DIP eklemi 9 derece hareket ediyor.

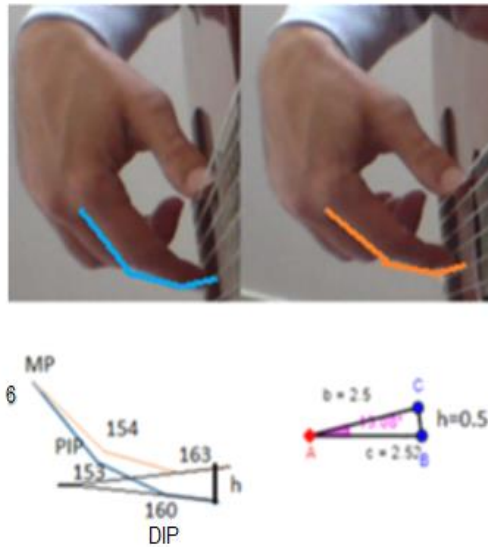
Paco'nun DIP eklemi, Pepe'ye göre daha az hareket etmekte olup 9 derecelik bir açılanma göstermektedir (Şekil 4.13). Tüm parmak hareketleri sırasında bu açı en fazla 15 dereceye ulaşıyor. Romero'da ise bu açılanma farklılığı 53 dereceye kadar ulaşabiliyor. Bunun da sebebi, Pepe'nin vuruş sonrası DIP ekleminde meydana gelen bükülmedir.

Paco'nun, vuruşlar sonrasında parmak ucu (distal falanks-DP) havalanması 0.76 cm olarak tespit edildi (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Paco de Lucia'nın parmak ucu (distal falanks) havalanma yüksekliği (h: 0.76 cm).

Kinematik modellemeyle yaptığım analizlerde, bir tele apoyando vuruş için gerekli en az havalanma miktarı 0.56 cm bulunmuştur (Şekil 4.15). Paco, işaret parmağını telin sadece 2 mm üzerine kadar kaldırmaktadır. Paco'nun bu düşük DP havalanma mesafesi onun ulaştığı inanılmaz hızın altında yatan en önemli sebeptir.



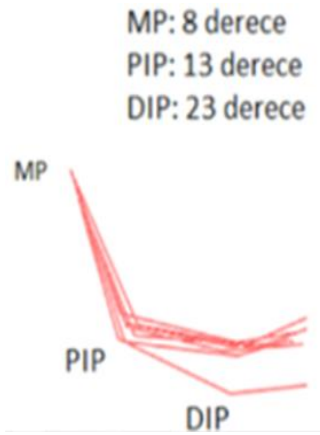
Şekil 4.15. Parmak alt ve üst tele değerken eklem açıları ve havalanma yüksekliği. Parmağın alt ve bir üst tel arasında kat ettiği en kısa mesafe ve açıları ve hesaplandı. Bir telden diğerine geçişte, parmağın en az 5.7mm havalanması

Paco'nun çok yüksek hızlara ulaştığı videoları incelediğimde ilginç bir detay dikkati çekmektedir. Paco, yüksek hızdaki tüm gamları, ya dar bir aralıkta, ya da tizden pese doğru, yani alt tellerden üst tellere doğru icra ediyordu. Yaptığım incelemelerde, Paco'nun üst tellerden alt tellere doğru icra ettiği yüksek hızlı gamlara rastlamadım.

Neredeyse istisnasız olarak Paco'nun uyguladığı bu stratejinin altında yatan önemli bir sebep bulunmaktadır. Yaptığım kinematik analizler matematiksek olarak bunu açıklamaktadır. Üstten alt tellere geçişi sırasında, parmak eklem açıları genişleyerek parmak daha büyük bir hareket yapmaktadır. Diğer bir deyişle, eklemlerin minimum ve maksimum açıları arasındaki fark büyümektedir. Parmak açısının genişlemesine bağlı olarak, parmak ucu havalanma mesafesi de artmaktadır. Alt tellere geçişte ise, minimum ve maksimum açıları arasındaki fark oldukça dar bir aralıkta kalmaktadır. Bu sayede, üst tellere doğru giden pasajlarda parmak ucu sadece 2 mm kadar havalanırken, alt tellere geçişte bu havalanma 10 mm'ye kadar çıkabilmektedir. Alt tellere doğru giden pasajlardaki yüksek parmak havalanma mesafesi, bu pasajların icra hızını önemli ölçüde düşürmektedir. İşte bu sebepten dolayı Paco en hızlı pikado tekniğini, aynı tel üzerinde veya alttan üste geçişlerde icra etmektedir.

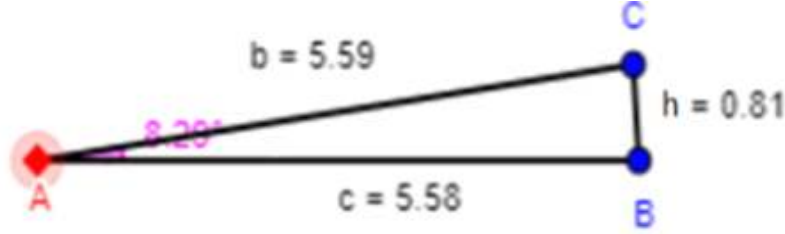
4.2.2.2. Orta parmak (m)

Paco de Lucia'nın orta (m) parmağındaki açılar da analiz edilmiştir. Bu parmağın MP, PIP ve DIP eklemlerinin hareket açıları sırasıyla 8, 13 ve 23 derece bulunmuştur (Şekil 4.16). İndeks (i) parmağında olduğu gibi (5^0), bu parmakta da en az hareket MP ekleminde (8^0) olmuştur. PIP eklemi benzer açıyla (13^0) hareket etmiştir İndeks (i) parmağından farklı olarak bu parmağın DIP eklemi daha fazla bir açıyla (23^0) hareket etmiştir.



Şekil 4.16. Paco de Lucia'nın orta parmak hareket açıları. Vuruşlar sırasında orta parmağın MP ve PIP eklemleri, “i” parmağıyla neredeyse aynı açıyla hareket ediyor.

Paco de Lucia'nın orta parmağının, vuruşlar sonrasında DP havalanma mesafesi 0.81 cm olarak tespit edildi (Şekil 4.17). Bu parmak indeks'e göre bir miktar daha fazla havalanmıştır.



Şekil 4.17. Paco de Lucia'nın orta parmak ucu (distal falanks) havalanma yüksekliği.

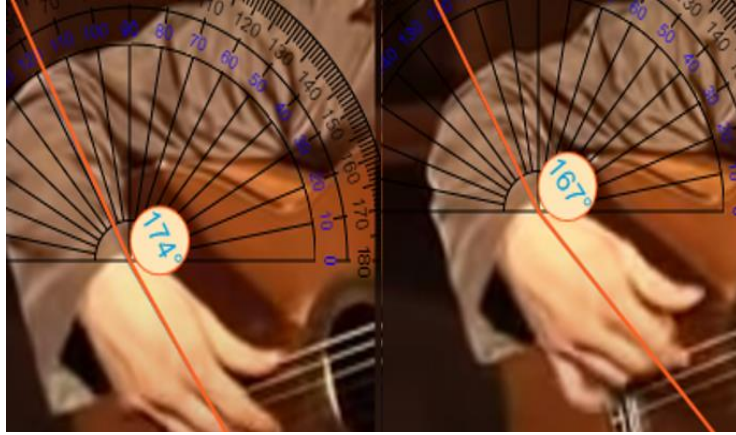
4.2.3. Dakikadaki vuruş sayısı

Mevcut çalışmada, Paco de Lucia'nın gamları icra ederken ulaştığı hızı analiz etmek için, hızlı pasajları çaldığı 10'un üzerinde video incelenmiştir. Bu videolar yavaş çekimle incelenerek bilgisayar programı kullanmak suretiyle dakikadaki vuruş hızı (BPM) tespit edilmiştir. Gamların uzunluğuna ve sağ el parmaklarının ilerleyiş yönüne göre, çalış hızının değiştiği gözlenmiştir. Paco'nun vuruş hızı dakikada 760-912 arasında değişmektedir. En yüksek hıza, aynı telde çaldığı kısa pasajlarda ulaşmaktadır. Pasaj uzunsa, farklı kısımlarda farklı hızlarda çalmaktadır.

4.3. Grisha Goryachev

4.3.1. Önkol-el eklemi

Grisha'nın flamenko icra ettiği videolar incelenmiştir. Flamenco gitaristlerin pikado sırasında el-bilek eklem açısı değişimi, klasik gitaristlere göre genellikle daha fazla olmasına rağmen, Grisha'da bu açı değişimi gözlenmemiştir. Grisha'nın alt tellerde gam icra ederken el-bilek açısındaki değişim 7 derece olmuştur (Şekil 4.18). Paco'da bu açı değişimi 12, eski bir Flamenco gitaristi olan Romero'da ise 16 derecedir.

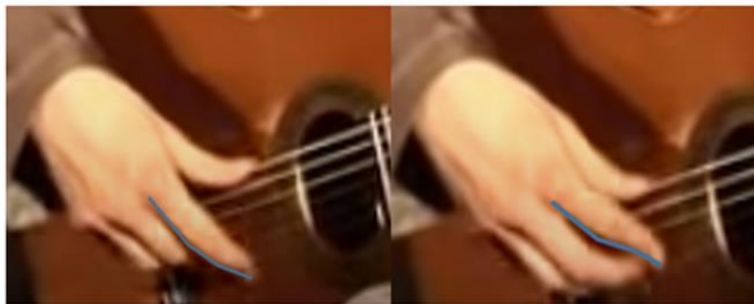


Şekil 4.18. Grisha Goryachev'in pikado sırasındaki el-bilek açısı değişikliği.

4.3.2. Parmakların kinematik analizi:

Grisha'nın MP eklemindeki en büyük açı 16, en küçük açı ise 12 derece bulunmuştur (Şekil 4.18). Dört derecelik açı değişikliği, Grisha'nın MP ekleminin stabil, yani fazla hareketli olmadığını göstermektedir.

Grisha'nın PIP eklemindeki açılanma 16-18 derece arasında değişmektedir. Bu yönüyle stabil bir eklem görünümündedir. Ancak DIP eklemindeki açılanma 22-56 derece arasında değişim göstermiştir (Şekil 4.19). Bu açı farklılığının sebebi, aynı Romero'nun yaptığı gibi, Grisha'nın parmağını vuruş sonrası üst tele yaslayarak bükmesidir.



MP: 16 - 12 derece arasında
PIP: 18 - 16 derece arasında
DIP: 56 - 22 derece arasında

Şekil 4.19. Grisha Goryachev'in pikado sırasındaki tüm parmak hareketleri ve açı değişimleri.

Yapılan analizlerde, Grisha'nın parmak ucunun 2.14 cm'ye kadar havalandığı belirlendi. Ancak aynı teldeki vuruşlarda bu havalanma miktarının 2 cm'nin altına indiği gözlemlendi. En düşük havalanma miktarı 1.46 bulundu.

Grisha'nın orta parmağı videolarda net görüntülenemediği için bu parmağın kinematik analizi yapılamamıştır.

4.3.3. Dakikadaki vuruş sayısı

Grisha'nın uzun pasajlara ait video'su bulunamamıştır. Bu nedenle, kısa pasajlardaki hızı tespit edilmiştir. İncelenen videolardaki pasajlar genellikle üst tellere doğru icra edilen gamlardır. Grisha'nın maksimum hızı dakikada 656 vuruş olarak bulunmuştur. Bu hız, Paco'yla mukayese edildiğinde oldukça düşük olmasına rağmen Romero'dan daha yüksektir.

4.4. Gitaristlerin Kinematik Analizlerinin Karşılaştırması

4.4.1. Önkol-el eklemi

Romero ve Grisha el bileğini, özellikle alt tellerde neredeyse düz tutmaktadır. Poco, tüm tellerde, her iki gitariste oranla bileğini daha dar açıyla yani bükük tutmaktadır. Ortalama el-bilek açısı 163 derece olan Paco ile mukayese edildiğinde diğer gitaristler el bileklerini yaklaşık 10 derece daha düz tutmaktadırlar. Bu yönüyle, Romero ve Grisha'nın el bilekleri, alışılmış klasik gitar tekniğine daha yakın bir duruş sergilemektedirler. Her iki gitaristin bileği, tel geçişleri sırasında bir miktar bükülmekte olup bu değişim Paco'da 12, Romero'da 16 ve Grisha'da 7 derecedir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Gitaristlerin gam icrasında önkol-el eklem açısındaki minimum, maksimum ve ortalama değişiklikler.

	<u>Romero</u>	<u>Paco</u>	<u>Grisha</u>
<u>Min</u> bilek açısı	180	169	174
<u>Max</u> bilek açısı	164	157	167
Ortalama bilek açısı	172	163	170,5
Açı farkı	16	12	7

4.4.2. Parmakların kinematik analizi

Her üç gitaristin “i” parmağındaki maksimum ve minimum hareketler sırasındaki tüm açılar hesaplandı. Maksimum ve minimum hareketler arasındaki açı farkları da hesaplandı. Bunu takiben ortalamaları karşılaştırıldı (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Her iki gitarcının parmak eklemlerinin maksimum - minimum hareket açıları ve max-min arasındaki açı farkı. Aynı tel üzerindeki vuruşlarda veya üst tele geçişlerde minimum hareket açısı gözleniyor. Paco’nun en hareketli eklemi PIP, yani ana hareket PIP üzerinden oluyor. Buna karşın MP ve DIP oldukça stabil. Romero’da ise MP en stabil eklem. Vuruş hareketlerinde PIP ve DIP etkili.

Eklemler	Maksimum Açılanma (alt tellere geçişte)			Minimum Açılanma (üst tellere geçişte)			Açı Farkı (Max- Min Açı)		
	Paco	Romero	Grisha	Paco	Romero	Grisha	Paco	Romero	Grisha
MP	14	12	16	5	8	12	9	4	4
PIP	22	35	18	14	14	16	8	21	2
DIP	15	53	56	9	19	22	6	34	34

4.4.2.1. MP eklemi

Her üç gitaristin gam icrası sırasında elde edilen 10 farklı MP açısı karşılaştırıldı. Paco ve Romero’nun MP eklemi Grisha’ya göre daha sınırlı hareket etmektedir. Bu açı Paco’da ortalama 7.8 (min 5), Romero’da ortalama 10 (min 8), Grisha’da ise ortalama 13.9 (min 12) derecedir (Tablo 4.3). Üç gitaristin MP eklem açısı ortalamaları arasında anlamlı farklılık vardır (ANOVA- F: 32, $p < 0.0001$).

Tablo 4.3. Gitaristlerin pasaj boyunca MP eklemlerinin aldıkları farklı açı değerleri. Değişik gamlarda veya gamın farklı bölümlerinde MP eklem açısında değişimler görülmektedir. Üç grubun ortalamaları ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır.

MP	Paco	Romero	Grisha
	5	8	12
	6	12	16
	8	9	14
	7	10	14
	7	11	15
	14	9	13
	6	8	12
	10	10	15
	6	12	16
	9	11	12
Ort	7,8	10	13,9

Tel geçişlerinde MP açıları artış göstermektedir. Yani parmak daha geniş bir açıyla hareket etmektedir. Ancak Romero ve Grisha'nın MP eklemünde, Paco'ya göre daha sınırlı bir açı artışı vardır. Romero ve Grisha'nın MP eklemündeki açı değişikliği 4 derece ile sınırlıyken, Paco'da bu eklemdeki açı değişikliği 9 dereceye ulaşmaktadır (Tablo 4.2). Paco'daki bu açı artışının pasajların uzunluğuna ve yüksek hız nedeniyle parmağın kazandığı ivmeye bağlı olduğu izlenimi vermektedir.

Grisha ve Romero'nun MP eklemi Paco'ya göre daha az hareket ediyor yani daha stabil izlenimi verse de hızlı pasajlarda MP eklemi en az hareket eden gitarist Paco bulunmuştur. MP eklem açıları karşılaştırıldığında, Paco'nun ortalama açısı 7.8 derece, Romero'nunki 10 bulundu. Bu iki gitarist karşılaştırıldığında, Paco'nun MP eklem açısındaki standart sapma Romero'ya göre daha yüksekti. Yani, farklı gamlarda Paco'nun açı değişimi biraz daha fazlaydı. Ancak Paco'nun ortalama MP açısı, Romero'ya göre anlamlı ölçüde düşük bulundu ($p < 0.0001$) (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Paco ve Romero'nun gam icrası sırasında MP eklem açılarının karşılaştırması. İki grubun ortalamaları *t* testi ile karşılaştırılmıştır.

MP	Paco	Romero
	5	8
	6	12
	8	9
	7	10
	7	11
	14	9
	6	8
	10	10
	6	12
	9	11
Ort	7,8	10

	Paco	Romero
Ortalama	7.80	10.00
Std sapma	2.66	1.49
N	10	10
<i>p</i>	<0.0001	

Paco'nun ortalama 7.8 derecelik MP eklem açısı Grisha'nın ortalama 13.9 derecelik MP eklem açısına göre de anlamlı ölçüde düşük bulundu (*p*: 0.0001). Grisha'nın MP eklemindeki açının standart sapması Paco'ya göre düşüktü (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Paco ve Grisha'nın gam icrası sırasında MP eklem açılarının karşılaştırması. İki grubun ortalamaları *t* testi ile karşılaştırılmıştır.

MP	Paco	Grisha
	5	12
	6	16
	8	16
	7	14
	7	14
	14	15
	6	13
	10	12
	6	15
	9	16
	9	12
Ort	7,8	13,9
Ort	7,8	13,9

	Paco	Grisha
Ortalama	7.80	13.90
Std sapma	2.66	1.60
N	10	10
<i>p</i>	0,0001	

Grisha'nın MP eklemi diğer iki gitariste göre de daha fazla açılıyordu. Romero'yla karşılaştırıldığında, Grisha'nın MP eklemi anlamlı ölçüde daha büyüktü ($p:0.001$). Bu iki gitaristin MP eklemindeki standart sapma ise birbirine yakındı (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Grisha ve Romero'nun gam icrası sırasında MP eklem açılarının karşılaştırması. İki grubun ortalamaları t testi ile karşılaştırılmıştır.

MP	Romero	Grisha
	8	12
	12	16
	9	14
	10	14
	11	15
	9	13
	8	12
	10	15
	12	16
	11	12
Ort	10	13,9

	Romero	Grisha
Ortalama	10.00	13.90
SD	1.49	1.60
N	10	10
p	0.001	

Özet olarak, MP eklemi en az hareket eden gitarist Paco'dur. Bunu sırasıyla Romero ve Grisha takip etmektedir.

4.4.2.2. PIP eklemi

Paco ve Grisha'nın, sırasıyla 16.9 ve 16.6 derece olan ortalama PIP eklem açıları benzerdir. Romero'nun PIP eklem açısı her iki gitariste göre daha yüksektir (21 derece) (Tablo 4.7). Paco ve Grisha'nın farklı tellere geçerken PIP ekleminde oluşan açısal farklılıklar Romero'ya göre daha düşüktür. Paco'nun bu eklemindeki hareket değişimi 8, Grisha'nınki ise 2 derece gibi sınırlı bir miktarda kalmıştır. Ancak Romero'nun PIP eklemi tüm hareketlerde daha yüksek düzeyde bir değişkenlik göstermiştir (Tablo 4.2). Yani, Grisha ve Paco'nun PIP eklemi Romero'ya göre stabil bulunmuştur. Ek olarak, Ortalama PIP açısı en yüksek gitarist Romero'dur. Yapılan analizinde, gözlemlenen bu farklılık anlamlı bulunmuştur ($p:0.0376$) (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Üç gitaristin PIP eklem açılarının karşılaştırması. Her gitariste ait 10 açının ortalamaları varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmıştır.

Gitaristler	N	Ortalama PIP	Std. sapma	Std. hata
Paco	10	16.9	2.7264	0.8622
Grisha	10	16.6	1.1738	0.3712
Romero	10	21	6.3246	2

F değeri: 3.71 p değeri: 0.0376

4.4.2.3. DIP eklemi

Paco'nun 11.5 derece olan ortalama DIP eklem açısı diğer iki gitariste göre anlamlı oranda düşük bulunmuştur (F: 17.8, $p < 0.00001$). Romero ve Grisha'nın DIP açıları ise benzerdir (Tablo 4.8).

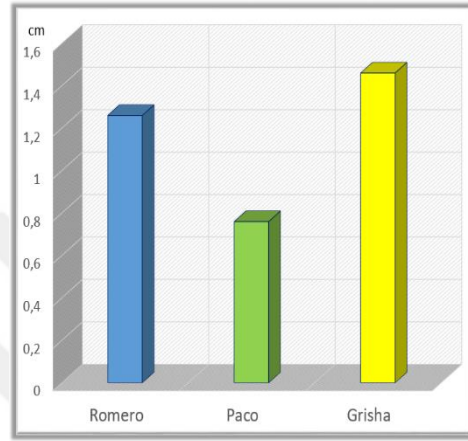
Paco'nun DIP eklemi, hem Grisha hem de Pepe'ye göre daha az hareket etmektedir. Paco'da DIP eklemindeki açı değişimi 6 derecedir. Romero ve Grisha'da bu açı değişimi 34 dereceye kadar çıkmıştır (tablo 4.2). Bunun da sebebi, Grisha ve Pepe'nin vuruş sonrası DIP ekleminde meydana gelen bükülmedir. Paco'nun DIP eklemi, diğer gitaristlerle mukayese edildiğinde neredeyse hiç bükülmemektedir, diğer bir deyişle çok daha stabildir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Üç gitaristin DIP eklem açılarının karşılaştırması. Her gitariste ait 10 açının ortalamaları varyans analizi (ANOVA) ile karşılaştırılmıştır. F: 17.8, $p < 0.00001$

DIP	Paco	Romero	Grisha
	9	19	22
	12	45	38
	15	32	28
	10	53	56
	13	24	24
	10	22	26
	9	28	25
	14	35	34
	11	26	32
	12	30	25
Ort	11,5	31,4	31

4.4.2.4. Parmak ucu havalanması

Paco'nun 0.76 cm'lik parmak ucu havalanması, Romero'nun 1.26 cm'lik havalanmasına göre %40 oranında daha düşüktür. Hızlı pasajların icrasında Paco'nun parmak ucunun neredeyse telin sadece 2mm üzerine kadar havalandığı belirlendi. Parmak ucu havalanması 2.14 cm'ye kadar ulaşan Grisha'nın en düşük parmak ucu havalanması (1.46 cm) da her iki gitaristten fazla bulunmuştur (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Gitaristlerin parmak havalanma miktarı (cm).

4.4.3. Parmakların hız analizi

Yapılan varyans analizinde gitaristlerin ortalama vuruş hızlarında farklılık tespit edilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Paco, Romero ve Grisha'nın dakikadaki vuruş hız (BPM) ortalamalarının karşılaştırması. ANOVA testi kullanılmıştır, F: 88, $p < 0.0001$

BPM	Paco	Grisha	Romero
	800	656	616
	825	630	585
	850	644	602
	912	600	615
	830	580	570
	760	625	610
	790	620	
	900		
Ort	833,4	622,1	599,7

Buna göre en yüksek hıza Paco ulaşmakta, onu sırasıyla Grisha ve Romero takip etmektedir. Vuruş hızı ortalamalarını *t* testi ile karşılaştırıldığında Paco'nun dakikadaki ortalama 833.4 olan vuruş hızı, Grisha'ya göre %34 daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p < 0.0001$) (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Paco ve Grisha'nın parmak hızlarının karşılaştırması. İki grubun ortalamaları *t* testi ile karşılaştırılmıştır. Paco'nun vuruş hızı Grisha'ya göre anlamlı ölçüde daha yüksek bulunmuştur ($p > 0.00001$).

Paco de Lucia	<i>Diff(X - M)</i>	<i>Sq. Diff(X - M)²</i>
800	-33.38	1113.89
825	-8.38	70.14
850	16.62	276.39
912	78.62	6181.89
830	-3.38	11.39
760	-73.38	5383.89
790	-43.38	1881.39
900	66.62	4438.89
	M: 833.38	SS: 19357.88

Grisha	<i>Diff(X - M)</i>	<i>Sq. Diff(X - M)²</i>
656	33.86	1146.31
630	7.86	61.73
644	21.86	477.73
600	-22.14	490.31
580	-42.14	1776.02
625	2.86	8.16
620	-2.14	4.59
	M: 622.14	SS: 3964.86

t değeri: 9.63 p değeri: <0.00001

Paco ve Romero'nun vuruş hızı ortalamaları t testi ile karşılaştırılmıştır. Paco'nun dakikadaki vuruş hızı, Romero'nun ortalama 599.7 olan hızına göre göre %39 daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılık istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p < 0.0001$) (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Paco ve Romero'nun parmak hızlarının karşılaştırması. İki grubun ortalamaları t testi ile karşılaştırılmıştır. Paco'nun vuruş hızı Romero'ya göre anlamlı ölçüde daha yüksek bulunmuştur ($p > 0.0001$).

Romero	$Diff(X - M)$	$Sq. Diff(X - M)^2$
616	16.33	266.78
585	-14.67	215.11
602	2.33	5.44
615	15.33	235.11
570	-29.67	880.11
610	10.33	106.78
	M: 599.67	SS: 1709.33
Paco	$Diff(X - M)$	$Sq. Diff(X - M)^2$
800	-33.38	1113.89
825	-8.38	70.14
850	16.62	276.39
912	78.62	6181.89
830	-3.38	11.39
760	-73.38	5383.89
790	-43.38	1881.39
900	66.62	4438.89
	M: 833.38	SS: 19357.88
t değeri: -10.2 p değeri: <0.0001		

Yapılan ölçümlerde, Grisha'nın Romero'ya göre daha yüksek hızlara ulaştığı belirlenmiştir. Grisha, Romero'ya göre %4 civarında daha yüksek hızda çalmaktadır. Ancak analizlerde, her iki gitaristin ortalama hızları arasındaki bu farkın istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı görülmüştür ($p>0.05$) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Grisha ve Romero'nun parmak hızlarının karşılaştırması. İki grubun ortalamaları t testi ile karşılaştırılmıştır. Grisha'nın vuruş hızı Romero'ya benzer bulunmuştur ($p>0.0001$)

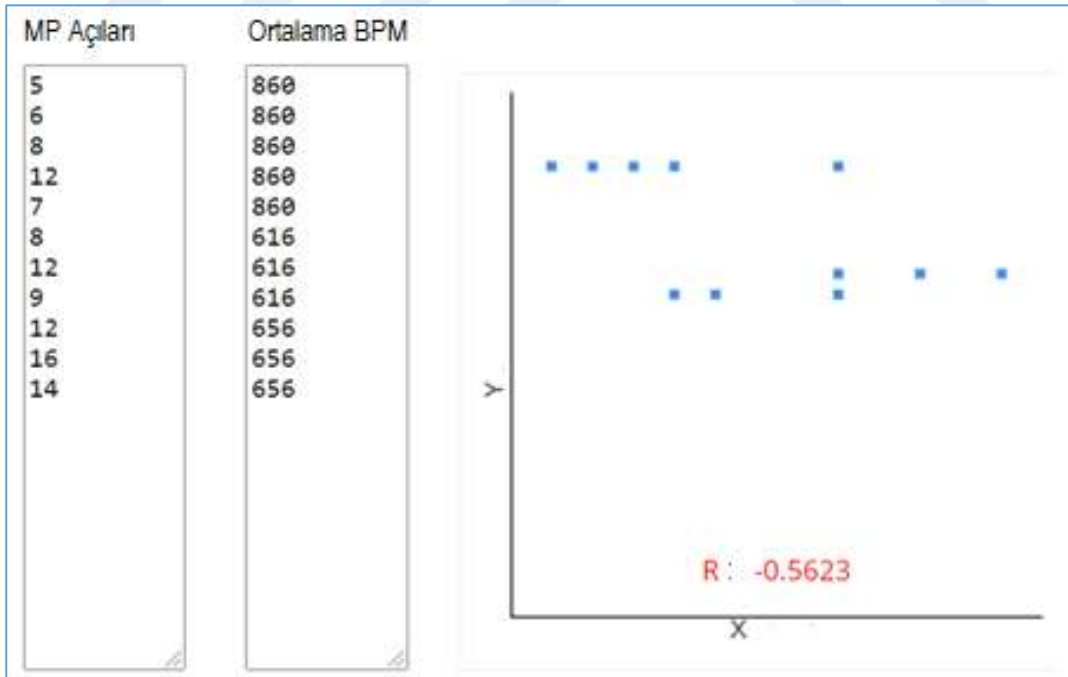
Romero	$Diff(X - M)$	$Sq. Diff(X - M)^2$
616	16.33	266.78
585	-14.67	215.11
602	2.33	5.44
615	15.33	235.11
570	-29.67	880.11
610	10.33	106.78
	M: 599.67	SS: 1709.33
Grisha	$Diff(X - M)$	$Sq. Diff(X - M)^2$
656	33.86	1146.31
630	7.86	61.73
644	21.86	477.73
600	-22.14	490.31
580	-42.14	1776.02
625	2.86	8.16
620	-2.14	4.59
	M: 622.14	SS: 3964.86
t değeri: -1.78 p değeri: >0.05		

4.4.4. Parmak Açıları ve Hız Korelasyon Analizi

4.4.4.1. MP eklemi

Her üç gitaristin farklı parmak eklem açıları ile ulaştıkları dakikadaki vuruş hızları (BPM) ayrı ayrı karşılaştırarak aralarındaki bağlantı Pearson korelasyon testiyle analiz edilmiştir. MP eklem açısı ve BPM arasında orta düzeyde bir negatif bağlantı bulunmuştur. Eklem açısı küçüldükçe vuruş hızının arttığı gözlemlenmiştir. Ancak korelasyon katsayısı -0.56 bulunmuştur, yani orta derecede bir negatif bağlantı mevcuttur. Hesaplanan p değeri ise 0.7 bulunmuştur. Sonuç olarak, gitaristler arasındaki MP eklem açısı farklılıklarının, ulaştıkları hızlar üzerinde orta derece bir etkisi görülmüştür (Tablo 4.13). Ancak bu sonuç, MP eklem hareketinin vuruş hızı üzerinde bir etkisi olmadığı anlamına gelmemektedir. Zira, alanlarında usta olan bu üç gitaristin de MP eklemi zaten çok sınırlı hareket etmektedir.

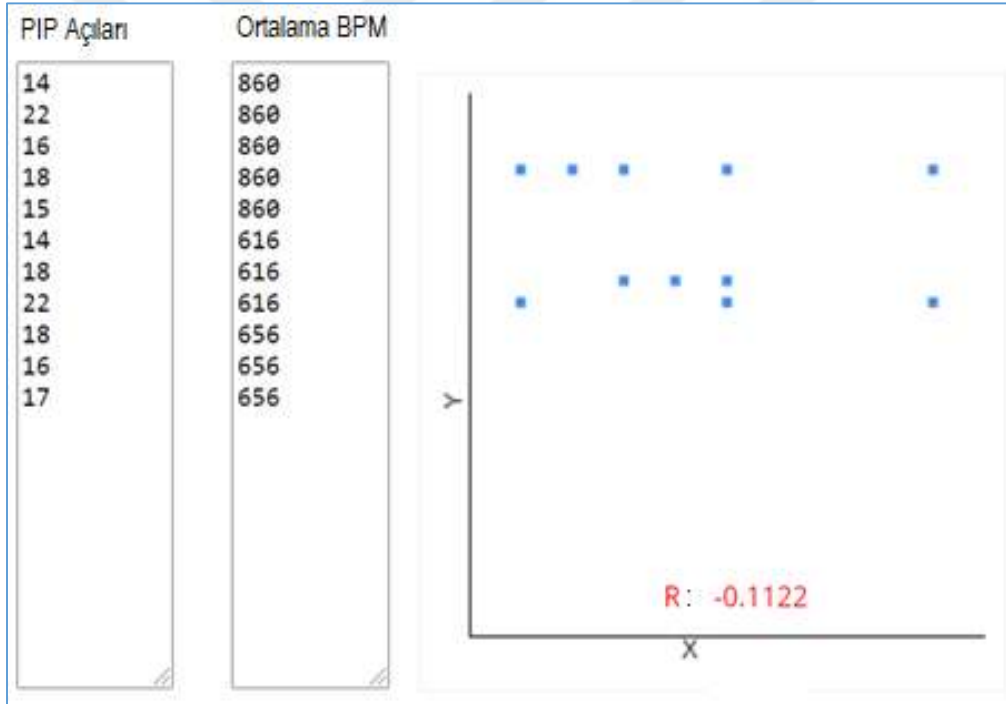
Tablo 4.13. MP eklem açısı ve vuruş hızı arasındaki ilişki. Hızlı pasajlarda Paco, Romero ve Grisha'nın MP eklem açıları ve dakikadaki vuruş hızlarının arasındaki ilişki Pearson korelasyon testi ile analiz edildi.



4.4.4.2. PIP eklemi

Analiz edilen gitaristlerin PIP açıları birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Bu nedenle, ulaştıkları hız üzerinde anlamlı bir etki olmadığı görülmüştür. Korelasyon katsayısının -0,1 bulunması, gitaristler arasındaki PIP eklemindeki açı farklılığının, ulaştıkları hız ile zayıf bir bağlantısı olduğunu göstermektedir (Tablo 4.14).

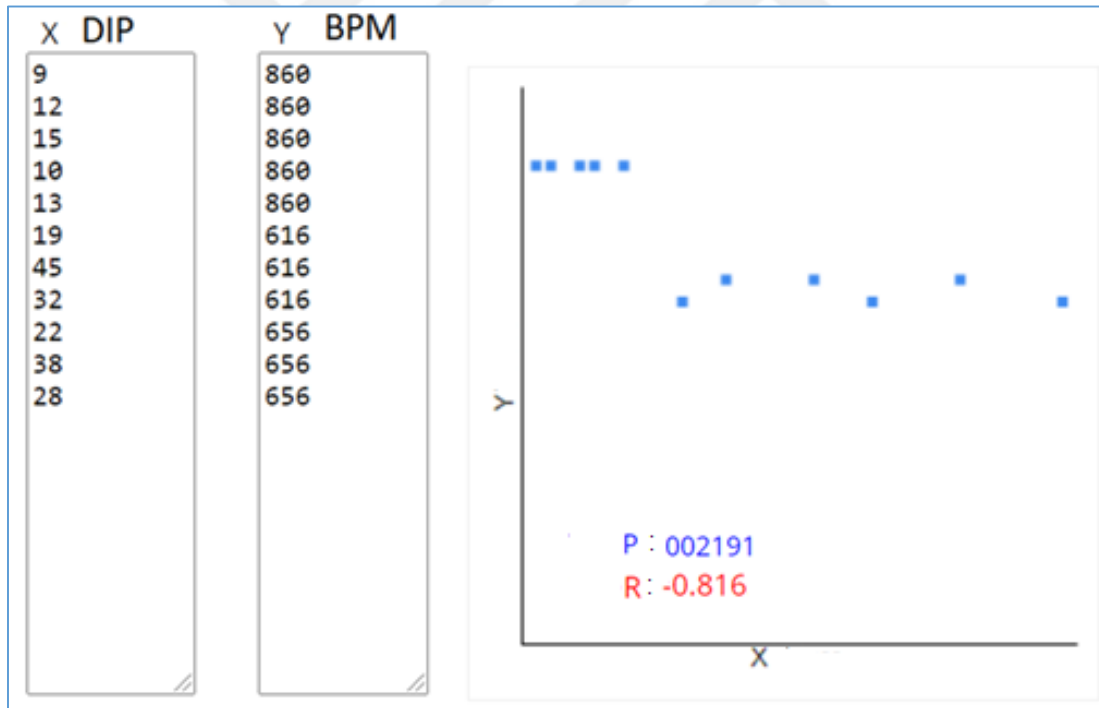
Tablo 4.14. PIP eklem açısı ve vuruş hızı arasındaki ilişki. Hızlı pasajlarda Paco, Romero ve Grisha'nın PIP eklem açıları ve dakikadaki vuruş hızları arasındaki ilişki Pearson korelasyon testi ile analiz edildi.



4.4.4.3. DIP eklemi

Tüm pasajlarda DIP eklemi en az hareket eden gitaristin Paco olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, en yüksek hıza ulaşan gitarist de Paco'dur. DIP eklem açısı ve ulaşılan hız (BPM) karşılaştırdığında oldukça güçlü (-0.82) bir negatif bağlantı tespit edilmiştir. Buna göre, DIP eklemi ne kadar az hareket ediyorsa ulaşılan hız da o kadar yükselmektedir. Tespit edilen bu bağlantı istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.002$) (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. DIP eklem açısı ve vuruş hızı arasındaki ilişki. Hızlı pasajlarda Paco, Romero ve Grisha'nın DIP eklem açıları ve dakikadaki vuruş hızları arasında kuvvetli ilişki bulundu ($R: -0.8$)



4.5. Bulguların Özeti

4.5.1. Sonuçlar

- Her üç gitarist de hızlı gamları sadece iki parmak (i-m) kapalı vuruş (apoyando) tekniği kullanarak icra etmektedir.
- Her üç gitaristin ön kol- el açısı tel geçişlerinde değiştirdiği, yani bileğini büküğü, ancak, bu açı değişikliğinin parmak kinematığını değiştirmedigi gözlenmiştir.
- Her üç gitaristin MP eklemi en az hareket eden eklem olarak tespit edilmiştir. Hızlı pasajlarda MP eklemi en az hareket eden gitarist Paco olmuştur (Ort 7.8 derece). Paco'yu, sırasıyla Romero (10 derece) ve Grisha (13.9 derece) takip etmiştir.
- Tel geçişlerinde Romero'nun PIP ve DIP eklemlerinde 2,5 katın üstünde açı değişimi gözlenmiştir. Grisha'nın ise sadece DIP ekleminde 2,5 katın üstünde açı değişimi olmuştur.
- Her üç gitaristin PIP eklemi benzer hareket etmektedir. Ancak bu açının tel geçişlerindeki vuruşlar sırasındaki değişimi Paco ve Grisha'da daha sınırlıdır, ancak Grisha'nın eklemi daha stabildir.
- Paco'nun DIP eklemi oldukça dar bir aralıkta hareket etmekte olup Grisha ve Romero'ya göre oldukça stabildir.
- Romero ve Grisha, üst tele geçişlerde DIP eklemi bariz şekilde bükmemektedir. Paco'da üst tele yaslama sırasında parmak bükülmesi neredeyse hiç olmamaktadır. Paco'daki DIP eklem stabilitesi ve bu eklem fazla bükülmemesi, vuruşlarının kuvvetli olmasındaki önemli bir faktör olduğu izlenimi yaratmaktadır.
- Paco'nun dakikadaki vuruş hızı (Ort. 833.4 BPM) diğer gitaristlere göre anlamlı ölçüde yüksek bulunmuştur. Grisha (Ort 622.1 BPM) ve Romero (599.7 BPM) benzer hızlarda çalmaktadır.
- Paco'nun parmak ucu (distal falanks- DP) havalanması son derece düşüktür (0.76 cm). Elde ettiği yüksek hızın temelinde bu düşük havalanma mesafesinin olduğu düşünülmektedir.
- Elde edilen vuruş hızıyla en güçlü bağlantı DIP eklem açısı arasındadır. Paco'nun DIP eklemindeki açı (Ort. 11.5 derece) diğer gitaristlere göre anlamlı

ölçüde düşük bulunmuştur. Bunun da, parmak ucu havalanmasının çok sınırlı kalmasını sağlayıp hızı arttırdığı düşünülmektedir.

- Paco'nun sağ el parmakları, çok yüksek hızlara ulaştığı pasajlarda, ya aynı tel üzerinde, ya da alt tellerden üst doğru ve 4-5 perde aralığında hareket etmektedir. Yüksek hızlı çaldığı neredeyse hiçbir gamda, parmaklar üst tellerden alt tellere doğru ilerlememektedir. Grisha da yüksek hızlara aynı tel üzerinde ya da üst teller yönündeki harekette ulaşmaktadır.
- Orta parmağın açılı indeksi parmağına benzerlik göstermektedir.

4.5.2. Çıkarımlar

- Gamların hızlı icrası için, sadece “i” ve “m” parmaklarının kullanılmasının yeterli olduğu görülmüştür.
- Sağ el parmak kinematiğinin analizi, hızlı apoyando veya pikado tekniğinin altında yatan etkenlerin daha net anlaşılmasını sağlamıştır.
- Gerek apoyando gerekse pikado tekniğinde, hızlı pasajlarda yeterli hıza ulaşmak için bilek açısının parmak açıları üzerinde gözlenebilen bir etkisi yoktur.
- Hızlı gam icrası için gerekli parmak açıları ve hareketleri, her iki teknikte benzerdir. Yani gerek apoyando gerekse pikado tekniğinde benzer parmak kinematik kuralları geçerlidir.
- MP ve DIP eklemleri ne kadar az hareket ederse parmak havalanması o kadar az olmakta, tele vuruş mesafesi kısalmakta, buna bağlı olarak da dakikadaki vuruş sayısı artmaktadır.
- Falanksların tellere dik açıyla vurması, eğimli (oblik) açıyla vurmasına göre parmağın daha az mesafe kat etmesini sağlamaktadır. Bu da pikadoda, apoyandoya göre daha fazla hız elde edilmesine yardımcı olmaktadır.
- En yüksek hızlara, parmak ucu havalanma mesafesinin daha düşük olması nedeniyle, alt tellerden yukarı doğru çalınan pasajlarda ulaşılabilir.

4.5.3. Öneriler

- Gitar üzerinde sağ elin son derece rahat durması gerekmektedir. Diğer bir anlatımla, el bileğini büken (fleksör) ve geren (ekstansör) kasların mümkün olduğunca gevşek olması hızlı gam icrası için çok önemlidir.
- Gamları, yüksek bir vuruş hızıyla icra edebilmek için, MP ekleminin çok sınırlı (10 derecenin altında) hareket etmesi gerekmektedir.
- PIP eklemi, en fazla hareket eden eklem olmalıdır. Diğer bir deyişle, hareketin merkezi bu eklem olmalıdır. Ancak bu hareket 15 derece civarında sınırlı tutulmalıdır.
- Gerekli hıza ulaşmak için DIP eklemi fazla bükülmemelidir. Eklem ne kadar bükülürse parmak ucunun kat edeceği mesafe o kadar artacak ve dakikadaki vuruş sayısı azalacaktır. DIP ekleminin satabil olması, yani sınırlı hareketi, vuruş gücünü artırırken parmağın hareket mesafesini de azaltmakta, böylece dakikadaki vuruş sayısını attırmaktadır. Özetle, DIP eklemi ne kadar az hareket ederse o kadar yüksek hızlara ulaşılır.
- Yüksek vuruş hızına ulaşabilmek için, parmak ucu (distal falanks) havalanma mesafesinin, minimal fiziki havalanma mesafesi olan 0.56 cm'ye mümkün olduğunca yakın olması gerekmektedir. Parmak ucu, 2-3 mm'den fazla telin yukarısına çıkmamalıdır.
- Çok yüksek vuruş hızına ulaşmak için parmağın, sınırlı bir MP ve DIP hareketiyle birlikte, PIP eklemi merkez alacak şekilde, mümkün olduğunca küçük bir hareket yapması gerekmektedir.

5. YORUM ve TARTIŞMA

Çalışmamda üç gitaristin hızlı gam icra tekniğini inceledim. Pikado tekniği için, flamenkonun önemli temsilcilerinden biri olan Paco de Lucia'yı tercih ettim. Apoyando tekniğini için de, maestro (usta) statüsü kazanmış flamenko kökenli bir klasik gitarist olan Pepe Romero'yu seçtim. Grisha'yı ise, klasik kökenli bir flamenkocu olması nedeniyle analizlere dahil ettim. Diğer usta gitaristlerin parmak kinematik analizleri belki de farklı değerler verecektir. Hedefim tüm gitaristlerin tekniklerini inceleyip “*en iyi !*” gitaristi bulmak veya yeni ve ideal bir teknik ortaya çıkartmak değil, hızlı pasajların icrasındaki temel parmak hareketlerini analiz etmek, bunu niceliksel olarak tanımlamak ve bu amaçla kullanılabilecek bir yöntem sunmaktır. En iyi gitarist veya en ideal teknikle ilgili bir hipotezim olmadığı için örnek sayısını arttırmak gibi bir kaygım olmamıştır. Bu hedef doğrultusunda üç ustanın parmak hareketlerinin yeterli olacağı kanaatindeyim. Çalışmamda sunduğum kinematik analiz yöntemiyle tüm gitaristlerin sağ el teknikleri analiz edilerek yararlı bilgilere ulaşılabılır. Hatta her gitarist, bu bilimsel bakış açısıyla kendi tekniğinin kinematik analizini yapıp diğer gitaristlerle karşılaştırabilir. Kinematik modellemenin, gitaristlerin kendi sağ el tekniklerini tanımlamaları, geliştirmeleri ve öğrencilerine aktarmaları açısından oldukça yararlı olacağını düşünüyorum.

Sağ el teknikleri üzerine yapılan en yakın tarihli çalışmalardan biri Akbulut'a ait olan 2019'da yayımlanmış olan yüksek lisans tezidir (Akbulut, 2019). Bu çalışmada, Pepe Romero dahil olmak üzere toplam 9 gitaristin sağ el teknikleri incelenmiştir. Ancak bu incelemeler sadece duruş ve pozisyon tanımlamalarını içermekte olup sayısal veriler içermemektedir. Örneğin, Romero'nun apoyando tekniğiyle ilgili verilen tek bilgi “*Apoyando çalımlarda ise "i-m-a" parmakları da parmak uzunluğu ile çalınmakta, bu nedenle "p" parmağı ile aralarındaki mesafe azalmakta, tellere temas noktaları yakınlaşmaktadır*” şeklinde olup, ustanın parmaklarının hareketi konusunda belirgin bir bilgi vermemektedir. Gökçe'nin 2013 yılında yayınlanan bir derlemesinde, gitarda sağ el tekniği ve ekoller incelenmiştir (Gökçe, 2013). Bu derlemede yazar İspanyol ekolünü “*Apoyando ve picado tekniklerini uygulamak için sağ el çalgıya daha dik bir açı ile üst yanlıktan uzanarak telleri tutar*” şeklinde tanımlamıştır. Görüldüğü üzere bu tür açıklamalar teknikle ilgili net bir fikir vermemektedir. Mevcut çalışmam ise, geleneksel İspanyol tekniği olan flamenko tekniğindeki bilek ve parmak açılarını net olarak tanımlayarak tekniğin daha net tanımlanmasını sağlamıştır. Ohio Üniversitesi'nde yapılan ve doktora tez olarak yayınlanan bir çalışmada, gelişmiş sağ ve sol el teknikleri

incelenmiştir (Lunn, 2010). Bu çalışma esas olarak vuruş tekniği ve elde edilen ses üzerine odaklanmış olup, vuruşların biyomekaniği hakkında hiçbir bilgi sunmamaktadır. Güney Afrika'da Pretoria Üniversitesinde yayınlanan bir yüksek lisans tezinde, sağ el tekniğinin tarihsel gelişimi ve ses üzerindeki etkisini incelenmiştir (Roos, 2009). Bu çalışmada sağ el teknikleri kabaca tanımlanmış ve gelişim süreci anlatılmıştır. Aguado'nun sağ el tekniklerine değinilmiş ve en az enerji harcamak için parmakların yapması gereken hareketler kabaca tarif edilmiştir. Ancak bu tür tanımlamalar sübjektif olup gitaristin yorumuna ve bakış açısında göre değişiklik gösterebilmektedir. Mevcut çalışmamda sunduğum analiz yönteminden elde edilecek veriler ise yoruma yer bırakmayacak şekilde net anlaşılır tanımlamalar getirmektedir.

Görüldüğü üzere, literatürde bugüne kadar sağ el tekniğini niceliksel olarak inceleyen benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Konuyla ilgili detaylı literatür taramalarında, gitar tekniğinin kinematik analiziyle ilgili hiçbir çalışma bulunamamıştır. Sağ el tekniğini inceleyen bazı çalışmalar olsa da hiçbir teknik detayları sayısal verilerle analiz etmemiştir. Literatürdeki tüm çalışmalar sübjektif gözlemlere ve betimlemelere dayanmaktadır. Mevcut çalışmamın en önemli yönlerinden biri, gitar tekniği için objektif ve bilimsel bir analiz yöntemi sunmasıdır.

Bu çalışmada amacım usta gitaristlere nasıl gitar çalınacağını öğretmek ya da yepyeni bir teknik ortaya çıkartmak değildir. Temel hedefim, öğrenci veya hoca, tüm gitaristlere bilimsel bir analiz modeli sunmak ve gitar eğitimine sistematik bir bakış açısı kazandırmaktır. Bugüne kadar ulaşılan en yüksek apoyando ve pikado hızlarını analiz ederek bunların altında yatan matematiksel ilişkileri ortaya koyup, tüm gitaristlerin kolaylıkla yorumlayabileceği bilimsel standartları oluşturmayı hedefledim. Halen birçok usta gitarist, gamları icra ederken, belki uygun parmak hareketlerini farkında olarak veya olmayarak yapmaktadır. Ancak bugüne kadarki literatürde bu hareketlerin nicel bir açıklamasına ya da matematiksel bir analizine rastlamadım. Bugüne kadar gitar tekniğiyle ilgili tüm tanımlamaların, sübjektif ve niteliksel tarzda yapılan açıklamalardan ibaret olduğu görülmektedir. Gitar tekniklerinin daha net anlaşılabilmesi, geliştirilebilmesi ve sonraki kuşaklara aktarılması için objektif bilimsel standartların oluşturulması son derece önemlidir.

Mevcut çalışmamda, gam icrası sırasındaki parmak açılarını incelemekle kalmadım, aynı zamanda bunların vuruş hızıyla bağlantılarını da inceledim. Klasik gitar repertuarındaki gamların icrasında bazı gitaristler apoyando vuruşu kullanırken bazıları da tirando vuruşu kullanırlar. İncelediğim videolarda, özellikle konçertolardaki uzun ve solo pasajlarda gitaristlerin gamları genellikle apoyando tekniğiyle çaldığını gözlemledim. Bu nedenle

analizlerime, belirli bir hızın üzerinde çalınan ve apoyando tekniğinin kullanıldığı gamları içeren video görüntülerini dahil ettim.

Klasik gitar eserlerinin çoğunda, yüksek çalış hızı temel bir hedef olmayıp, müzikalite ve yorum ön plana çıkmaktadır. Yüksek tempoda çalınması gerekmeyen melodik pasajları icra ederken sağ el tekniğindeki ince detaylar çok fazla ön plana çıkmayabilir. Ancak, daha yüksek tempoda çalınması gereken gamların yer aldığı eserleri icra ederken, sağ el tekniğindeki eksiklikler veya yanlışlıklar kendini belli etmeye başlayabilir. Bu nedenle, yüksek hızda apoyando tekniğiyle çalınan gamlar üzerinde analizlerimi yaparak parmak hareketlerinin detaylarını inceledim.

Sağ el parmak hızı bazı eserlerde oldukça önem kazanmaktadır. İngiliz gitar ustası Julian Byzantine 2002 yılında yazdığı “Guitar technique rationalized” adlı kitabında, sağ el parmak hızının önemini vurgulamıştır. Parmakların güçlendirilmesi için gamların sağ elin tek parmağıyla çalınmasını önermiştir (Roos 2009). Sağ el parmaklarının gamlar sırasındaki gücü ve hızının önemi birçok gitarist tarafından kabul edilse de, yaptığım araştırmalarda, belirli bir vuruş hızını üzerinde çıkmak için gerekli parmak hareketini detaylı tanımlayan kaynaklara rastlanmamıştır.

Bazı gitar konçertolarında, farklı gitaristlerin icralarına dayanarak yaptığım hesaplamalarıma göre, 560- 610 bpm arasında değişen vuruş hızlarıyla çalınması gereken gamlar mevcuttur. Görülüyor ki, klasik gitar repertuarında çok sık olmamakla birlikte, yüksek tempoda çalınması gereken bazı eserler bulunmaktadır. Bu nedenle, en önemli hedeflerimizden biri de, sağ el parmak tekniğimizi hızlı gamları çalmaya da imkân verecek, yani saniyede 9-10 nota (540-600 bpm) vurabilecek şekilde geliştirmektir. İcra sırasındaki parmak kinematiğinin anlaşılmasının, bu vuruşları geliştirmek için yol gösterici bir unsur olacağı kanısındayım.

Son yıllarda bazı gitaristler, yüksek vuruş hızına ulaşmak için sağ el üç parmak kullanımı üzerinde durmuşlardır. Bu teknikte, gamları hızlı çalmak için a-m-i parmaklarının kullanımı önerilmiştir. Yapılan bir çalışmada, a-m-i kullanımı Rodrigo’nun Aranjuez konçertosundaki gamlara uyarlanmış ve bunun esere icra kolaylığı getirdiği savunulmuştur (Palmer, 2012). Gam icrasında üç parmak kullanımı her ne kadar icrayı kolaylaştırıyor görünse de, bu tekniğin yarattığı en büyük sorun tel geçişi ve ritim uyumsuzluklarıdır. Tel geçişleri sırasında a-m-i düzeni genellikle bozulmakta ve her gamın gidişine göre farklı parmak düzeni oluşturmak gerekmektedir. Örneğin 4’lü notalar grubu şeklinde yazılmış bir gamın 3 parmakla çalınması sırasında aksan farklı notalara gelmekte ve gamın, besteci tarafından belirlenmiş olan

ritmik özelliği zarar görebilmektedir. İki parmak kullanılarak çalınan pikado veya apoyando tekniğindeyse sağ el sürekli i-m veya m-i şeklinde hareket ettiği için, gam icrasında herhangi bir sağ el parmak düzenlemesine gerek kalmamakta, ortaya çıkan küçük tel değişimi veya parmak uyumsuzlukları legato kullanılarak kolayca çözülebilmektedir. Teorik olarak, üç parmakla ulaşılabilecek vuruş hızı, iki parmakla ulaşılabilecek vuruş hızına göre daha yüksek gibi görünse de, pratik uygulamada bazı gitaristin i-m parmaklarıyla elde ettiği ortalama 600 bpm'nin yeterli bir hız olduğu görülmektedir. Hızlı gamları icra etmek için iki parmak kullanımının yeterli olmasına rağmen üç parmak tekniği halen, bazı klasik ve flamenko gitaristler tarafınca kullanılmaktadır.

Gam performans hızını arttırmak için farklı teknikler kullanan gitaristler de vardı. Alternatif olarak kullanılan bir teknik de, gamların sadece “p” ve “i” ile çalınmasıdır. Mauro Giuliani'nin 1812 yılında yazdığı “Studio per la Chitarra” (Studies for the Guitar- Gitar İçin Çalışmalar) adlı metodundaki 17 numaralı egzersizde p ve i parmaklarının dönüşümlü kullanımı tanımlanmıştır (Roos, 2009). Oldukça nadir olsa da, günümüzde bu gam tekniğini kullanan gitaristler vardır. Bu teknikte, “p” ve “i” parmakları sırasıyla açık vuruş (tirando) yapmaktadır. Bazı gitaristler, uzun gamların icrasında bu tekniği kullanarak 500 bpm hızına ulaşmaktadır. Kanımca bu tekniğin en önemli dezavantajı, vuruşların apoyando yapılmaması ve bu nedenle yüksek hacimli dolgun bir ses elde edilememesidir.

Birçok gitarist kendi tekniği ile belirli bir apoyando veya pikado hızına ulaşmaktadır. Ancak çoğu Romero, Grisha veya Paco de Lucia'nın ulaştığı hızlara ulaşamamaktadır. Yaptığım analizlerde her ne kadar Romero, vuruş hızı en düşük olan gitarist gibi görünse de, klasik bir eser icra ettiği için burada ustanın yüksek hız kaygısı yoktur. Kaldı ki aynı eseri icra eden bazı gitaristler göre (örn. John Williams) uzun pasajları %20 daha hızlı çalmaktadır.

Gitaristler, gam çalışmaları sırasında parmaklarının ideal açıda olup olmadığını ve nerede eksiklerinin olduğunu fark etmeyebilir. Ancak, eserlerdeki uzun gamları veya konçertolardaki solo gam bölümlerini çalarken, sağ el tekniğindeki bazı eksiklikler ortaya çıkabilir. Gitaristlerin, hızlı gam çalışmaları sırasında parmak hareketlerinin resmini çekip açılarını incelemelerini, araştırmamda belirtilen standartlarla karşılaştırarak kendi parmak açılarını ve hareket sınırlarını belirlemelerini öneriyorum. Bu sayede, apoyando veya pikado tekniklerini geliştirip, mevcut hızlarından daha yüksek hızlara ulaşabileceklerine inanıyorum. Gitar hocaları, mevcut araştırmada kullanılan kinematik modellemeyi ve belirtilen eklem hareket açılarını göz önünde bulundurarak, kendi tekniklerini geliştirilebilirler. Ek olarak, kolay anlaşılır ve kolay öğretilen bir apoyando veya pikado tekniği şablonu oluşturabilirler. Bu

kinematik modelleme sayesinde gitaristler, elde ettikleri teknik bilgileri öğrencilerine ve sonraki kuşaklara daha kolay aktarabilirler.

Kinematik analizlerimiz sonucunda, usta gitaristlerin yüksek apoyando veya pikado hızına ulaştıklarında eklemlerin aldığı açılar ve parmağın yaptığı hareketler net olarak belirlenmiştir. Hızlı gam icrasında, elin son derece rahat olması ve parmakların mümkün olan en sınırlı hareketi yapması esastır. Bu bilgi tüm usta gitaristlerce biliniyor olsa da, yüksek apoyando veya pikado hızına ulaşılırken sağ el parmaklarının yaptığı hareketlerin detaylı açısız tanımlaması ve analizi bu güne kadar yapılmamıştır. Kanımca, gitaristlerin sağ el tekniklerini daha da geliştirilebilmesi için, araştırmamda belirtilen parmak eklem açılarına, bunların birbirine oranlarına ve parmak ucunun havalanma miktarına dikkat etmeleri oldukça faydalı olacaktır.

Çalışmamda, gitaristlerin gam performans hızları arasında önemli farklılıklar dikkati çekmiştir. Yapılan analizlerde, Paco'nun vuruş hızı diğer iki gitariste göre yaklaşık %35, yani anlamlı ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu bulgu, analiz edilen diğer gitaristlerin bu hıza kesinlikle ulaşamayacakları anlamına gelmez. Örneğin, Romero'nun incelenen sınırlı sayıdaki videolarındaki gam performansları, belirli hızda icra edilmesi gereken klasik eserlere aittir. Bu eserleri temel alarak gitaristin ulaşabileceği en yüksek hızı tespit etmek yanıltıcı olabilir. Farklı eserlerde gitaristler farklı hızlara ulaşabilirler. Zaten mevcut çalışmamdaki hedef dünyanın en hızlı çalan gitaristini bulmak değil, usta gitaristlerin belirli hızlara çıkarken sağ el parmak hareketlerinin analizini yaparak, teknikleri net olarak anlaşılır hale getirmektir.

Yaptığım analizlerin odak noktası, gitaristlerin gam icrası sırasında parmaklarının açıları ve bu açıların ulaşılan hıza etkisi olmuştur. Üç usta gitarist üzerinde yapılan analizler, parmakların çok az havalanarak en kuvvetli vuruşu yapması için, MP ve DIP eklemlerinin çok sınırlı bir hareketine karşın PIP ekleminin temel hareketi sağlayan eklem olduğunu göstermiştir. Kısaca, hareketin odak noktası PIP eklemdir. Gitar eğitiminin başlangıç düzeyinde öğrencilere sağ el tekniğinde belirli parmak açıları öğretilerek uygun parmak kinematiği sağlandığında, ilerideki teknik zorlukların çok daha kolay aşılabileceği kanısındayım.

Çalışmamda, gitaristlerin parmak hareketleri ve ulaştıkları vuruş hızlarıyla ilgili bir hipotezim olmamasına rağmen, açı ve vuruş hızı bağlantısını inceleyen analizlerim anlamlı bir bulguyu ortaya çıkardı. DIP ekleminin stabilitesi (hareketsizliği), ulaşılan hızla en kuvvetli negatif korelasyonu, yani ters ilişkiyi göstermiştir. Diğer bir deyişle, DIP eklemi ne kadar az hareket ediyorsa o kadar yüksek hıza ulaşılmıştır. DIP ekleminin az hareket ederek stabilitesini

koruması, parmak ucu havalanma mesafesini azaltırken vuruş gücünü de arttırmaktadır. Paco bu konuda oldukça başarılıdır. Uyguladığı tekniğin bir sonucu olarak, sağ el parmakları tellerin sadece 2-3 mm kadar üzerine havalanmakta ve dakikada 900, yani saniyede 15 vuruşun üzerine çıkmaktadır. Ulaştığı inanılmaz hızın altında yatan sırlar, çok düşük bir MP açısını muhafaza ederken, temel hareketi PIP ekleminden sağlaması ve buna karşın DIP eklemine de oldukça stabil tutmasıdır. Tabi çocukluğundan beri günde ortalama 12-14 saat çalışmasını da göz ardı etmemek gerekir. Klasik gitar repertuvarında bu hıza (900 bpm) çıkmayı gerektirecek eserler bulunmasa da, konser gitaristi olmayı hedefleyen müzisyenlerin saniyede 9-10 nota çalabilecek bir sağ el kinematiği sağlamaları gerekmektedir.

Mevcut çalışmamda temel hedefim flamenko ve klasik gitar tekniklerini, ses tonu veya müzikalite yönüyle karşılaştırmak değil, farklı türde müzik icra eden usta gitaristlerin parmak biyomekaniğini incelemektir. Analizlerde elde edilen bulgular, her iki türde çalan gitaristlerin sağ el tekniklerinin benzer ve farklı olduğu noktaları ortaya koymuştur. Literatürde her iki tekniği bu düzeyde detaylı olarak inceleyen bir çalışma mevcut değildir. Flamenko ve klasik gitar sağ el tekniklerini karşılaştıran bir çalışmada bazı farklılıklardan bahsedilmiş ancak detaya inilmemiştir. Bahsi geçen bu çalışmada, gitar eğitimcilerinin çoğunluğu, klasik gitar öğrencilerine pikado tekniğinin de öğretilmesi görüşünü belirtmişlerdir (Özkasnaklı 2013).

Genel olarak, flamenko ve klasik gitaristlerin sağ el parmak tekniklerinin birbirinden çok farklı olduğuna dair yaygın bir kanı vardır. İcra ettikleri müziğin türündeki ve elde edilen sesin tınısındaki farklılıkları bu kanının oluşmasındaki etkenlerdir. Ek olarak, birçok flamenko gitarist, klasikçilere göre daha farklı bir bilek açısı ile çalar. Özellikle hızlı pasajların icrasında flamenko gitaristlerin sağ el bilekleri daha bükük ve avuç içi gitara daha yakın bir pozisyonda durur. El tutuşlarındaki bu farklılık, flamenko gitaristlerin oldukça farklı bir sağ el parmak tekniği olduğu izlenimini vermektedir. Ancak mevcut çalışmamda elde ettiğim bulgular bunun doğru olmadığını göstermiştir. Yaptığım analizler, farklı müzik türleri çalmalarına rağmen, flamenko ve klasik gitaristlerin benzer sağ el parmak kinematiğine sahip olduğunu göstermiştir. Kısaca, gitaristin el bilek açısı veya icra ettiği müzik türü parmak kinematiğini değiştirmemektedir. İcra edilen tür ne olursa olsun, rahat ve hızlı bir gam performansı için parmakların alması gereken belirli açılar olduğu görülmektedir. Gerek flamenko gerekse klasik eserlerin icrasında belirli parmak açıları elde edildiğinde performans hızında artış gözlenmektedir. Kısaca, flamenko ve klasik gitaristlerin sağ el tekniklerindeki asıl fark, parmak açılarından değil elin duruşundan kaynaklanmaktadır. Bu el tutuşunun sonucu olarak da,

flamenkoda parmaklar tellere daha dik açıyla vurmakta ve tırnağın uç kısmı tele değdiği için daha parlak ses elde edilmektedir.

Apoyando ve pikado teknikleri arasındaki el bileği tutuş farkının parmak açılarına ve hareketlerine, kısaca parmak kinematiğine etkisinin olmadığı, çalışmamda elde ettiğim ve daha önce literatürde bahsi geçmeyen önemli bir çıkarımdır. El bileği açısı değiştiğinde parmak vuruş açıları değişmediği için, hızlı gam icrasının altında yatan temel unsurun bilek açısı olmadığı kanısındayım. Bilek açısı, parmakların rahat ya da gergin olmasını etkileyerek performans hızını dolaylı etkileyebilmektedir. Bilek açısının değişmesi falanksların tellere vuruş açısını ve buna bağlı olarak parmağın kat ettiği mesafeyi değiştirmektedir. Bu da dolaylı olarak vuruş hızını etkilemektedir. Ek olarak, bilek açısı tırnağın tele vuruş noktasını değiştirmek suretiyle sesin tonunu ve tınısını değiştirebilmektedir.

Mevcut çalışmamda, sağ el bilek açısının vuruş hızına hangi mekanizmayla etki ettiği de matematiksel olarak gösterilmiştir. Bilek açısı daraldıkça, yani bilek büküldükçe falankslar tellere daha dik açıyla vurmaya başlarlar. Bu da, her vuruşta parmak ucunun kat ettiği mesafeyi neredeyse yarı yarıya azaltmaktadır. El bileğini, flamenko gitaristlere göre daha dik bir açıyla tutarak tellere yatay vuran klasik gitaristin parmağı her vuruşta en az 4mm daha fazla yol kat etmektedir. El bileği dik tutulduğunda her vuruşta parmak daha az mesafe alacaktır. Parmak ucunun hareket mesafesinin kısılması da doğal olarak hızı etkileyen önemli unsurdur. Kısaca, parmak ucu havalanma mesafesine ek olarak, parmak ucunun kat ettiği mesafe de oldukça önemlidir. Apoyandodaki parmak ucu vuruşu ne kadar yatay (oblik) ise hız kaybı da o kadar çok olmaktadır. Klasik gitarda elde edilmek istenen tını daha farklı olduğu için, bu hız kaybı genellikle göz ardı edilebilir. Flamenko eserlerde gitaristin yüksek hızlara çıkma kaygısı olduğu için, el-bilek açısını daraltarak, yani bileği bükerek falanksların tellere daha dik açıyla vurmasını sağlarlar. Dik açıyla tellere vurulduğunda parmağın kat ettiği mesafe doğal olarak azalmaktadır. İşte bu da pikado tekniğinin temelinde önemli bir temel mekanizmadır. Kanımca, klasik gitaristlerin de, yüksek hız gerektiren pajalarda bu mekanizmadan yararlanmalarında fayda vardır.

Pikado tekniğinde hızı arttıran bir diğer unsur da tellerdeki dirençtir. Tel direnci arttıkça vuruşlarda parmağın üst tele yaslanma mesafesi kısılacaktır ve böylece parmak daha kısa sürede havalanarak diğer tele vurmaya hazır hale gelecektir. Tel direnci düşük olduğu zaman, her vuruşta parmak üst teli daha fazla bükerek parmak havalanma mesafesi artar. Bu nedenle, çalış hızını arttırmak amacıyla Flamenko gitaristler daha sert tel kullanırlar ve mümkün olduğunca telin gergin olduğu eşiğe yakın pozisyonda gamları icra ederler. Rodrigo'nun gitar

konçertolarında olduğu gibi, hızlı çalınması gereken uzun gamlar içeren konçertoları icra edecek gitaristlerin, bu eserleri daha sert tellerle çalmalarını önermekteyim.

Flamenko ve klasik gitar teknikler arasında bazı farklar olsa dahi, bir gamı çalarken parmak açılarının belirli sınırlar dahilinde tutulmasının, yani belirli bir parmak kinematiğinin sağlanmasının önemi net olarak görülmektedir. Bu nedenle, hızlı bir gam icrası için belirlenen parmak kinematiği modeli ve araştırmada ortaya konulan açılar, hem klasik hem de flamenko gitaristler tarafından kullanılabilir. Hızlı pasajları icra ederken, gerek pikado gerekse apoyando tekniklerinde önemli olan parmağın uygun açılarda ve oranlarda hareketinin sağlanmasıdır. Unutulmamalıdır ki, Rodrigo'nun konçertolarında olduğu gibi, bazı klasik eserler her iki tekniğin de uygulanmasını gerektirebilir.

İncelenen videoların detaylı analizi ilginç bir noktayı daha göstermiştir. Gitaristler yüksek hızlı pasajları genellikle alt tellerden yukarı tellere doğru (yukarı yönlü hareket) çalmaktadır. Gerek Paco, gerekse Grisha'nın hızlı performansları neredeyse hep parmakların yukarı yönlü hareketinde olmaktadır. Kinematik analizler bunu matematiksel sebebini ortaya koymuştur. Üst tellerden alt tellere doğru icra edilen pasajlarda, parmak hareketi büyümekte, parmak açıları ve parmak ucu havalanma mesafesi artmaktadır. Örneğin, Paco'nun ortalama 7.8 derece olan MP açısı alt tellere geçişte 14 dereceye kadar çıkarken, üst tellere çıktığında 5 dereceye kadar inmektedir. Ek olarak, parmak ucu havalanması da alt tellere geçişte daha fazla artmaktadır. Bunlar, hız kaybına yol açan önemli unsurlardır. Aynı teldeki veya alt tellerden üst tellere doğru hareketlerde ise parmak açıları ve parmak havalanma mesafesi minimumda kalmakta, bu da icra hızını arttırmaktadır. Çok hızlı icra edilmesi gereken eserlerde, parmakların tele vuruş açılarının ve tel geçişlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Parmağın tele mümkün olduğunca dik açıyla vurmasına ek olarak, gamın üst tellere doğru çalınması, vuruş hızını önemli ölçüde arttırdığı için flamenko gitaristlerin en sık başvurduğu icra taktikleridir.

Bu analizlerden elde edilen sonuçlar, diğer gitaristlerin uyguladıkları tekniğin hatalı olduğu anlamını taşımaz ya da ideal tekniğin ne olduğunu da göstermeyebilir. Zaten mevcut araştırmamın hedefi ideal tekniği bulmak ya da yeni bir teknik önermek değildir. Her gitaristin kendine has bir tutuş şekli ve değişik tekniği olabilir. Hedefim, analiz edilen usta gitaristlerin tekniğinin detaylarını objektif olarak göz önüne sermek ve net olarak anlaşılmasını sağlamaktır. Bu bilimsel yaklaşım, kanımca birçok gitaristin bu konudaki bilgi açlığını bir nebze giderebilecek ve tüm gitaristlerin ufkunu açarak belki de farklı bir bakış açısı kazandırabilecektir.

Çalışmamda elde ettiğim sonuçlar belli sayıda ve değişik açılarda çekilmiş videolarla sınırlıdır. İncelenen gitaristler farklı bestecilerin farklı eserlerini yorumlamaktadır. Her ne kadar tüm gitaristlerin hızlı icra ettiği gamları içeren ve benzer açılarda çekilmiş görüntüler analizlere temel oluştursa da, söz konusu farklılıklar açı ölçümlerini bir miktar etkileyebilmektedir. İdeal sonuçlar elde etmek için gitaristlerin aynı gamları icra ederken standart bir açıyla çekilen videolarının kullanılması gerekir. Standart koşullarda ölçümler yapılsa bile ölçümü yapan kişinin referans aldığı noktaların değişmesinden kaynaklanan küçük farklılıklar görülebilir. Bu çalışmada, yeni bir ideal teknik sunmak veya en iyi gitaristi bulmak gibi hedeflerim olmadığı için elde edilen sonuçlarda küçük yanılma payları kanımca göz ardı edilebilir. Zira amacım, bir hipotezin doğrulanması değildir. Asıl hedefim, sağ el tekniklerini sayısal olarak ifade etmek ve geliştirilmesine zemin hazırlayacak analiz modelini sunmak ve bunun gitaristler tarafından kolayca uygulanabileceğini göstermektir.

Araştırmamda kullandığım analiz modeli geliştirilerek, sağ elin diğer parmakları veya sol elin hareketlerine de uygulanabilir. Ben analizlerimi, sadece sağ elin videolarda görünen parmakları ile sınırladım. Ancak sunduğum analiz yöntemi sayesinde, parmak eklemlerinin birbiriyle veya koldaki diğer eklemlerle olan ilişkileri de incelenebilir. Gerek sol el gerekse sağ kol ve bilek açıları ile parmak hareketleri arasındaki bağlantılar incelenerek daha rahat, ergonomik ve etkin pozisyonlar geliştirilebilir. Kinematik analizlerle, sol kol ve elin tutuşuna ilişkin açısal veriler incelenerek, sol elin sakatlanma riskini azaltan ve parmakların verimli çalışmasını sağlayan ideal açısal değerler belirlenebilir.

Kinematik analiz metodu, sadece apoyando vuruşlar için değil, tirando, tremolo ve arpej gibi farklı sağ el parmak hareketlerinde de uygulanabilir. Bu sayede, farklı arpej türleri sırasında parmak açıları ve hareketleri belirlenerek, tekniğin daha verimli hale getirilmesi sağlanabilir. Kısaca, çalışmamda sunduğum matematiksel inceleme yöntemi, sadece apoyando çalarken sağ ele uygulanan bir model olmayıp, her iki kol, el ve parmak eklemlerindeki tüm hareketlerin analizinde kullanılabilecek bir modeldir. Tüm gitar tekniklerinin matematiksel analizinde kullanılabilecek bu modelin, uzuvların anatomik yapılarına ve işlevlerine uygun çalışmasını sağlayacak, eklem sakatlanmalarını azaltacak, verimli tekniklerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşüncesindeyim.

Araştırmamdaki bulgular, hızlı gam icrası için gerekli parmak hareketlerinin temel kinematik mekanizmalarını ortaya koymuştur. Usta gitarcılar arasında parmak kinematiği bir miktar değişim gösterse de önemli ortak noktalar vardır. Elde ettiğim bulguların, özellikle gitara yeni başlayanlar ya da kendini geliştirmek isteyen tüm gitaristler için kılavuz niteliğinde

olacağını düşünmekteyim. Konservatuvarlarda, başlangıç seviyesindeki öğrencilere istenilen parmak hareketleri sayısal veriler eşliğinde öğretilerek parmakların istenilen ideal hareketi yapması sağlanabilecektir. Öğretilen teknikten sapma dereceleri, öğrencinin belirli aralıklarla çekilen parmak videoları sayesinde, hem kendisi hem de hocası tarafından kolayca görülecek ve gerekli düzeltmeler yapılabilecektir. Gitar hocaları, öğrencilerine “elini şöyle tutacaksın, parmağını böyle tele vuracaksın” gibi betimlemeler yerine, sayısal veriler içeren standart bir şablon üzerinden ideal parmak hareketi gösterilebilirler. İdeal parmak hareketini belirlerken, sadece çalışmamda belirtilen açıları esas almayıp, bu çalışmada kullanılan yöntem ile kendi apoyando veya pikado tekniklerini analiz edip, bunları öğrencilerine öğretebilirler. Bu sayede öğrencilerin hızlı gam icra tekniğini daha kolay anlamaları sağlanmış olacaktır. Gitar hocalarının, öğretmek istediği sağ el apoyando veya pikado tekniğini standardize etmesinin bir faydası da, bu tekniğin sonraki nesillere kolayca aktarılabilmesidir. Böylece, gitaristin tekniği, o gitaristle birlikte yok olmayacaktır.

Apoyando veya pikado tekniğinin nicel verilerle standardize edilerek öğrencilere aktarılması, onların kendi hatalarını görmelerini de daha kolay hale getirebilecektir. Bir gamın icrası sırasında çekeceği kısa bir video sayesinde, öğrenci kendi parmak açılarını belirleyip, parmağın hareketini ideal açı dereceleriyle karşılaştırma imkânını bulabilir. Parmak açı ve hareketlerini, çalışmamda belirlediğim ya da hocasının gösterdiği şablonla karşılaştıran öğrenci kendi eklem açıları ve parmak kinematiklerini idealize edilebilir. Bu analizler için gerekli tüm araç ve gereç, günlük hayatta kullandığımız cep telefonu, bilgisayar ve internet bağlantısıdır. Analizlerimde hiçbir özel ölçüm cihazı veya program kullanılmamıştır. Gitaristler, kendi cep telefonlarıyla aldıkları görüntüleri bilgisayarlarına yükleyip, internet üzerinden ücretsiz olarak erişebildikleri (online) programlar yardımıyla tüm analizleri yapabilecektir. Kinematik analizler, gitaristlerin her gün veya sıklıkla yapacakları bir işlem olmayacaktır. Bu analizler, belirli zamanlarda (örneğin, başlangıç düzeyinde veya bir tekniği öğrenme aşamasında) ve geniş aralıklarla yapılabileceği için, vakit kaybına yol açacak bir işlem olmayacaktır.

Sonuç olarak bu çalışmada, gitaristlerin kendi tekniğini sayısal veriler eşliğinde ifade etmelerini ve öğrencilerine daha etkin bir şekilde aktarabilmelerini sağlayabilecek, ek olarak diğer gitaristlerin tekniğini de anlamalarını kolaylaştırabilecek yeni bir objektif ve matematiksel analiz modeli sunuyorum. Sunduğum bu modelin, gitar eğitiminde kullanılabilecek pratik, maliyetsiz, yararlı ve kolay uygulanabilir bir analiz yöntemi olduğunu düşünüyorum. Kanımca, bu kinematik analiz modelinden elde edilecek veriler, sağ el tekniğinin anlaşılması, öğretmesi ve geliştirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Açıklım, E. 2019. Yaylı çalgı icracılarında çalma postürüne etki eden parametrelerin video analiz yöntemi ile incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Aguado, D. 1843. Nuevo Metodo Para Guitarra. Madrid
- Akbulut, HO. 2019. Andres segovia'dan günümüze usta gitaristlerin sağ el tekniklerinin incelenmesi. Haliç Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Türk Musikisi Anasanat Dalı Türk Musikisi Programı. Yüksek Lisans Tezi
- Alves, JR. 2015. The history of the guitar: Its origins and evolution. A Handbook for the Guitar Literature Course at Marshall University. Music Faculty Research.
- Alyörük, G. 2016. Türkiye’de gitar alanında yapılan lisansüstü tezler: Bir Bibliyografya Çalışması. *Balıkesir University The Journal of Social Sciences Institute*, 19(35): 55-79.
- Bosi, B. 2017. Building an effective right-hand guitar technique around injury prevention methods. *Revista Música Hodie*, 17(2): 121-133.
- Can, UK., Yılmaz, UV. 2019. An evaluation of the use of fingernail in classical guitar training according to the expert opinions. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 14(4): 62-89.
- Cangökçe, H. 2013. Gitarda sağ el tekniği ve ekoller. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15 (2): 213-222.
- Ciulei, SO. 2013. Flamenco guitar techniques in the music of Joaquin Rodrigo. The Florida State University College of Music. Doktora tezi.
- Cobos, S., Ferre, M., Uran, S., Ortego, J., Pena, C. 2008. Efficient human hand kinematics for manipulation tasks. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems Acropolis Convention Center Nice, France.
- Çakıroğlu, İ., Çaydere, Ö. 2016. Milli kütüphanede bulunan müzik konulu kitaplarla ilgili bibliyografya çalışması. *Online Journal Of Music Sciences*, 1(1) 1-27
- Çelik, E., Alptekin, A., ve Kılıç, Ö. 2013. Basketbolda eski ve yeni üç sayı atış çizgilerinden kullanılan başarılı atışların kinematik analizi. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 4, Special Issue: 66-76
- Chadefaux, D., Pothrat, C., Carrou J.L. 2020. Stringing and dynamics effects on forearm muscular activity during harp playing. *Computer Methods in Biomechanics And Biomedical Engineering*, 23 (S1): 558-560.
- Çoğulu, T. 2011. The concise history of the classical guitar. Written by Published by VDM Publishing in ‘The Adaptation of Bağlama Techniques into Classical Guitar Performance’
- Çoğulu, T., Beşiroğlu, Ş. 2013. Klasik gitarda çağdaş teknikler. *Porte Akademik. Müzikolojide Güncel Yaklaşımlar*, Özel Sayı. Sayı18: 250.

- Doğu, S. 2011. Flamenko gitar müziğinde teknik, ritmik, armonik yaklaşımlar. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Müzikoloji Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Em, G., ve Yöndem, S. 2018. Türkiye’de tez ve makale olarak yayımlanmış gitar öğretiminde kullanılan farklı yaklaşımların incelenmesi. *Diyalektolog Ulusal Sosyal Bilimler Dergisi*. Kış, 19: 397-412
- Fernandes, L., Barros, R. 2012. Grip pattern and finger coordination differences between pianists and non-pianists. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 22; 412–418.
- Garcia, J., Sato, S., Masson, F. 2016. Subjective preference of classical guitar strokes “apoyando” and “tirando” related to its harmonic components and autocorrelation function. Proceedings of the 22nd International Congress on Acoustics. Buenos Aires, 5 - 9 September.
- Hirt, B., Seyhan, H., Wagner, M., ve Zumhach R. 2017. Hand and wrist anatomy and biomechanics. Thieme Publishing Group. By Georg Thieme Verlag, KG.
- Hepgüven, SB. 2016. Yürüyen robotların kinematik ve dinamik modellerinin modüler yaklaşım ile elde edilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Iznaola, R. 2000. The physiology of guitar playing: Functional anatomy and physiomechanics. Volume 1. International Centre for Research in Music Education, University of Reading.
- İzci, M. 2019. Düzenli piyano çalan konservatuvar öğrencilerinde elin antropometrik özellikleri, esneklik ve kas gücünün değerlendirilmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Kabasakal, N. 2012. Klasik gitarda sağ el tekniklerinin dönemsel olarak egzersiz ve etütler üzerinde incelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Piyano Anasanat Dalı, Gitar Sanat Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kasar, ZS. 2017. Ön kol ön yüz kasları ve/veya elin palmar kasları yaralanmış bireylere tendon tamiri sonrası uygulanan rehabilitasyon programı etkisinin elastografi ve ultrason yöntemiyle değerlendirmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi (Tıp) Yüksek Lisans Tezi. Aydın.
- Kasha, M. 1968. A New Look at the History of the Classic Guitar. *Guitar Review*, 30: 3-12.
- Kelleher, LK., Campbell, KR., Dickey, JP. 2013. Biomechanical research on bowed string musicians: A Scoping Study. Science & Medicine. Medical problems of performing artists.
- Kocak, M., Ulmer, JL., Ugurel, MS., Gaggl, W., Prost, RW. 2009. Motor homunculus: Passive mapping in healthy volunteers by using functional MR imaging—Initial results. *Radiology*. 251(2): 485-492.
- Kolb, B., Mychasiuk, R., Muhammad, A., Gibb, R. 2013. Brain plasticity in the developing brain. In Michael M. Merzenich, Mor Nahum, Thomas M. Van Vleet editors. Progress in Brain Research, Vol. 207, Burlington: Academic Press, pp. 35-64.
- Koşar, N. 2016. Anatomi ve kineziyoloji: Üst üyeler ve hareketleri. Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi. Ders Notları.

- Lunn, RA. 2010. Extended Techniques for the Classical Guitar: A Guide for composers. Ohio State University, Müzik Sanatları. Doktora Tezi.
- Maw, J., Wong, KY., Gillespie, P. 2016. Hand anatomy. *British Journal of Hospital Medicine*, 77(3): 34-40.
- Moraes, GFdS., Antunes, AP. 2012. Musculoskeletal disorders in professional violinists and violists: systematic review. *Acta Ortop Bras*. 20:43-7.
- Murphy, AJ., Lockie, RG., Coutts, AJ. 2003. Kinematic determinants of early acceleration in field sport athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2: 144-150.
- Ombregt, L. 2013. Applied anatomy of the wrist, thumb and hand. A System of Orthopaedic Medicine (Third Edition), Pages:102-e111
- Özdek, A. 2006. Özengen müzik eğitimi veren kurumlarda klasik gitar eğitimi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Güzel Sanatlar Eğitimi Ana Bilim Dalı Müzik Öğretmenliği Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tez, Konya.
- Önder, C., Yıldız, G. 2008. Klasik gitar eğitiminin boyutları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. s:115-133.
- Özgen, M. 2006. Designing technical training programs for classical guitarists based on exercise physiology principles. Arizona State University. Degree of Doctor of Musical Arts.
- Özkanoglu, M., Karadağ, H. 2020. Gitarda tablatür kullanımına ilişkin tarihsel ve yapısal bir araştırma. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(48): 232-254.
- Özkasnaklı, U., Dalkıran, E. 2013. Klasik ve flamenko gitar sağ el çalım tekniklerinin karşılaştırılması ve gitar eğitiminde kullanılabilirliği. *Journal of Research in Education and Teaching*. 2 (3): 217-224.
- Panayotov, P (2009): Methodology of the Instruction in Guitar. 4th revised edition.
- Rath, S. 2011. Hand kinematics: Application in clinical practice. *Indian J Plast Surg*, 44(2): 178–185.
- Reboursière, L., Lähdeoja, O., Drugman, T., Picard-Limpens, C., Riche, N. 2012. Left and right-hand guitar playing techniques detection. Conference Paper.
- Romero, P. 1982. Guitar Style and Technique. Bradley Publications, New York.
- Roos, GL. 2009. The development of right hand guitar technique with reference to sound production. University of Pretoria, Department of Music. Master of Music Thesis.
- Roux, FE., Djidjeli, I., Durand, JB. 2018. Functional architecture of the somatosensory homunculus detected by electrostimulation. *J Physiol*, 596.5: 941–956.
- Şaklar, C. 2001. Klasik gitarda sağ el tekniği üzerine yeni bir yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Piyanosana Dalı, İstanbul.
- Şen, Si. 1999. Piyanosana Tekniğinin Biyomekanik Temeli. Pan Yayınları.
- Sor, F. 1820. Méthode pour la guitare. Tercüme: Merrick A.
- Tellez, J.J. 2015. Paco De Lucía Paco De Lucía. El Hijo De La Portuguesa. Editorial Planeta. Barcelona.

- Tennant, S. 1995. Pumping Nylon: The classical guitarist's technique handbook. Nathaniel Gunod Edit. Baltimore, Maryland.
- Tsai, I-H. 2018. A comparative analysis of fundamental guitar techniques including those of the nineteenth century and the present. Doktora Tezi. Ball State University Muncie, Indiana.
- Uludağ, AK. 2008. Flamenko sanatının kültürel etkileşim süreci ile gitar icracılığının teknik özelliklerinin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Güzel Sanatlar Eğitimi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Wade, G. 1980. Traditions of the Classical Guitar (London: John Calder Publishers Ltd., s:44-45.
- Yağışan, N., Aydos, L. 2014. Keman çalmada temel yay hareketlerinde omuz ve dirsek eklemlerinde görülen açısal değişikliklerin araştırılması. **Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**. 24(2):93-103.
- Yeprem, MS. 1998. Flamenko stilleri ve gitar eğitiminde kullanılabilirliği. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Müzik Eğitimi Yüksek Lisans Tezi.
- Yılmaz, UV. 2018. Gitarın ve sağ el tekniğinin ilişkisel gelişimi. **Online Journal of Music Sciences**, 3 (1): 90-108.
- Youn, Y., Gillespie, TE., Flatt, AE., Sprague, BL. 1978. Kinematic investigation of normal MCP joint. **Journal of Biomechanics**. 11, (3): 109-118.