KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİGLİ TESTERESİ İÇİN YENİ BİR TASARIM GELİŞTİRİLMESİ VE PROTOTİP İMALATI

HASAN İPEK

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİGLİ TESTERESİ İÇİN YENİ BİR TASARIM GELİŞTİRİLMESİ VE PROTOTİP İMALATI

HASAN İPEK

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim MUTLU
Danışman, Kocaeli Üniversitesi .....

Prof. Dr. Yasin KİŞİOĞLU
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi .....

Doç. Dr. Mehmet AYDIN
Jüri Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 17.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ortopedik cerrahi aletleri, ortopedik ameliyatların önemli çalışma alanlarından biridir. Ortopedi doktorlarının ameliyat süreçlerinde ihtiyaca yönelik el aletlerine sahip olmaları ameliyat süresine ve hastanın kısa sürede ameliyatının tamamlanmasına olanak sağlamaktadır.

Bu projede ortopedi de kullanılan bir cerrahi aletinin kullanımı esnasında ortaya çıkan olumsuzluklar ve bu olumsuzluklara karşı cerrahi aletin geliştirilmesi için çalışmalarda bulunulmuştur.

Bu proje çalışmasında bu çalışmanın, ortaya çıkmasındaki fikri ve emekleri ile göstermiş olduğu sabır, anlayış, verdiği sürekli destek ve imkan, sağladığı huzurlu çalışma ortamı için saygı değer Prof. Dr. Yasin KİŞİOĞLU'na danışmanım saygı değer Dr. Öğr. Üyesi İbrahin MUTLU'ya teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında tecrübelerinden fikir alışverişinde bulunduğum Prof. Dr. Fuat AKPINAR'a bana maddi ve manevi destek veren Arş. Gör. Dr. Talip ÇELİK'e teşekkür ederim.

Çalışmam sürecinde desteğini, sabrını, anlayışını ve sevgisini eksik etmeyen sevgili eşim Hacer İPEK'e teşekkür ederim.

Yapmış olduğum bu proje kapsamında projeye desteğini veren Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (KOU-BAP) teşekkür ederim.

Bu proje çalışmasını en değerli varlıklarım olan kızım Ebrar ve oğlum Ensar'a ithaf ediyorum.

Haziran – 2019 Hasan İPEK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iii
TABLOLAR DİZİNİ iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
GİRİŞ 1
1. AMELİYAT SÜREÇLERİ 3
1.1. Ameliyat 3
1.2. Açık Ameliyat-Kapalı Ameliyat 3
1.3. Açık -Kapalı Ameliyat Avantaj ve Dezavantajları 3
1.4. Robot Cerrahisi 4
1.4.1. Robotik cerrahi sistemin kullanıldığı bölümler alanlar 5
1.4.2. Robotik cerrahi sistemin avantajları 5
1.4.3. Robotik cerrahi sistemin dezavantajları 6
1.5. Ameliyatta Kullanılan El Aletleri 6
1.6. Ameliyatta El Aletinin Seçilmesinde Dikkat Edilecek Konular 7
1.7. İnsan Kemiği 8
1.8. Ameliyatta Kemik Kesmede Kullanılan Testere Çeşitleri 8
1.8.1. Cerrahi testere bıçakları 8
1.8.2. ACF testere bıçakları 9
1.8.3. Sagital testere 9
1.8.4. Gigli testere 9
1.9. Literatür Tarama ve Araştırma 10
2. MALZEME VE YÖNTEM 13
2.1. Gigli Testere Mekanizması Tasarımı 13
2.2. Gigli Testerenin Prototip İmalatı 21
2.3. Deney Düzeneği 24
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 29
3.1. Bulgular 29
3.2. Tartışma 31
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 32
KAYNAKLAR 34
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 37
ÖZGEÇMİŞ 38

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Robotik cerrahi örnek resmi 5
Şekil 1.2. Robotik cerrahi sistemi bölümleri 5
Şekil 1.3. Gigli testere 9
Şekil 1.4. Gigli testere kullanımı 10
Şekil 1.5. Gigli testere örnek kullanım yerleri 10
Şekil 1.6. Standart ve sagital testere kullanılarak ölçülen sıcaklık değerleri 11
Şekil 2.1. Gigli testere el aleti birinci tasarım 13
Şekil 2.2. İskoç boyunduruğu mekanizması 14
Şekil 2.3. İskoç boyunduruğu örnekleri 15
Şekil 2.4. Gigli testere el aleti ikinci tasarımlar 15
Şekil 2.5. Düz dişli 16
Şekil 2.6. Gigli testere el aleti üçüncü tasarımlar 17
Şekil 2.7. Gigli testere el aleti dördüncü tasarımlar 18
Şekil 2.8. Kullanıalcak motor 19
Şekil 2.9. Motor elektrik şeması 19
Şekil 2.10. Motor çalışma grafiği 20
Şekil 2.11. Gigli testere el aleti beşinci tasarımlar 20
Şekil 2.12. Gigli testere el aleti altıncı tasarım 21
Şekil 2.13. Örnek üç boyutlu yazıcılar 21
Şekil 2.14. Ultimaker 2 üç boyutlu yazıcı 22
Şekil 2.15. Üç boyutlu yazıcıda prototip imalatı 23
Şekil 2.16. Prototip imalat ve montajlar 24
Şekil 2.17. Deney düzeneği çizimi 25
Şekil 2.18. Termal kamera 25
Şekil 2.19. Prototip el aletinin tahta malzeme üzerinde kesme deney resmi 26
Şekil 2.20. Deney düzeneği 26
Şekil 2.21. Lazer sıcaklık ölçüm cihazı 27
Şekil 2.22. Lazer sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılan ölçüm resmi 27
Şekil 2.23. Büyük baş dana kaburga kemiği ile yapılan deney resmi 28
Şekil 3.1. Termal kamera ile tavuk kemiği üzerinde kesim esnasında oluşan sıcaklık ölçüm grafiği 29
Şekil 3.2. Lazer sıcaklık ölçüm cihazı ile tavuk kemiği üzerinde kesim esnasında oluşan sıcaklık ölçüm grafiği 30
Şekil 3.3. Büyük baş dana kaburga kemiği üzerinde kesim esnasında oluşan sıcaklık ölçüm grafiği 30
Şekil 3.4. Gigli teste el aleti kılavuz ve koruma parçası 31

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Motor özellikleri 19
Tablo 2.2. Ultimaker 2 üç boyutlu yazıcı teknik özellikleri 22
Tablo 2.3. Üç boyutlu yazıcı malzeme sıcaklık değerleri 23
Tablo 2.4. Üç boyutlu yazıcı malzeme mekanik özellikleri 23

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a : Diş başı boşluğu, (mm)
b : Diş genişliği, (mm)
dt : Bölüm dairesi çapı, (mm)
dk : Diş başı dairesi çapı, (mm)
E : Eksenler arası uzaklık, (mm)
h : Diş yüksekliği, (mm)
h1 : Diş başı yüksekliği, (mm)
h2 : Diş dibi yüksekliği, (mm)
m : Modül
P : Güç, (Watt)
t : Adım, (mm)
w : Açısal Hız, (rad/s)
z : Diş sayısı

Kısaltmalar

3D : Üç Boyut
ABS : Akrilonitril Bütadien Stiren
DC : Direct Current (Doğru Akım)
FDA : U.S. Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
HD : High Definition (Çözünürlüklü)
PLA : Polylactic Acid (Poliaktik Asid)

GİGLİ TESTERESİ İÇİN YENİ BİR TASARIM GELİŞTİRİLMESİ VE PROTOTİP İMALATI

ÖZET

Ortopedi cerrahisinde yapılan ameliyatlarda kemiği kesmek için farklı kesici el aletleri kullanılır. Kemik kesmede kullanılan kesici aletlerden manuel olarak kullanılan gigli testere ele alınmış ve bu el aleti üzerinde literatür taraması yapılarak gigli testerenin kullanımı esnasında kolaylık sağlaması için tasarımlar yapılmıştır. Tasarım esnasında manuel hareketin otomatik olarak motordan iletilmesi için İskoç boyunduruğu mekanizması kullanılarak tasarımlar yapılmıştır. Bu tasarımlar 3-boyutlu yazıcı aracılığı ile imal edilerek montajları yapılmıştır. Montajlanan el aleti ile deney düzeneğinde testler yapılmıştır. Gigli testere üzerine el aleti için yeni bir tasarım geliştirilmiş ve prototip imalatı yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyomedikal Cihaz, Cerrahi Alet, Gigli Testere, Ortopedik El Aleti.

DEVELOPING A NEW DESIGN AND PROTOTYPE MANUFACTURING

ABSTRACT

In orthopedic surgery, different cutting tools are used to cut the bone. The gigli saw which is used manually for cutting bone was handled and literature was searched on this hand tool and designs were made for ease of use of gigli saw. When designing, the designs were made by using the Scottish-Yoke mechanism to automatically transmit the manual movement from the motor. These designs were manufactured and assembled by means of 3-dimensional printer. Tests were carried out in the test apparatus with the assembled hand tool. A new design for the hand tool on Gigli saw was developed and prototypes were produced.

Keywords: Biomedical Device, Surgical Instrument, Gigli Saw, Orthopedic Hand Tool.

GİRİŞ

Ortopedi bölümünde yapılacak tedavi şekline göre açık ve kapalı ameliyatta operasyonlar yapılmaktadır. Kapalı ameliyat ile karar verilerek başlanan cerrahi operasyonlarda ameliyat sürecinde karşılaşılan olumsuzluklarda kapalı ameliyatın açık ameliyat ile devam ettiği zamanlar da olmuştur. Ortopedi ameliyatlarında kullanılan el aletlerin den mevcut cerrahide kemik kesimi için mikro motorlar, sagital testere, yaygın olarak kullanılan el testeresi ve kemik kesimi için temel el aleti olan gigli testere de kullanılır.

Bu tez çalışmasında da ameliyatlarda kemik kesmek için kullanılan gigli testere el aleti için yeni bir tasarım geliştirilmesi ve prototip imalatı yapılması ele alınmıştır. Birinci bölümde ameliyat yöntemleri ile ameliyatta kullanılan el aletlerine değinilerek insan da bulunan kemiklerden kısa bilgi verilmiştir. Aynı zamanda kemik kesme aletleri ile birlikte gigli testere hakkında da bilgi verilmiştir. Gerekli gigli testere ile ilgili literatür taraması ve yapılan araştırmalarda bulunan bilgiler hakkında da bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde ise mevcut gigli testereden yola çıkarak alternatif tasarımlar ve bu tasarımlar sonucunda değerlendirmeler ile tasarım süreçlerinde revizyonlar yaparak yeni tasarımlar ortaya çıkarılmıştır. Ortaya çıkan tasarımların prototip çıktısı alınması için kullanılacak üç boyutlu yazıcı ve kullanılacak hammadde hakkında bilgiler verilmiştir. Ortaya çıkan prototip üç boyutlu parçaların çıktılarının montajı yapılmıştır. Prototip ürünlerin kullanımı ile ilgili deney düzeneği tasarımı yapılmıştır.

Üçüncü bölümde oluşturulan prototip gigli testere el aleti ile ilgili deney düzeneği üzerinde testler yapılmış ve bu testlerde ortaya çıkan veriler toplanarak sonuçlar ortaya konulmuştur. Ortaya çıkan sonuçlar ile birlikte yeni bir el aleti üzerinden değerlendirmeler de bulunulmuştur.

Dördüncü bölümde ise yapılan çalışmalar ortaya çıkan prototip ürün ve deneylerden gelen bilgiler ve üçüncü bölümdeki değerlendirmeler dikkate alınarak proje ilgili

öneri de bulunulmuştur.

Bu proje cerrahi ameliyatlar da kemik kesme üzerine mevcutta kullanılan gigli testereyi baz alarak gigli testerenin geliştirilmesini sağlamış ve kemik kesme aletlerine yeni bir ürün kazandırarak mevcut gigli testere ile yapılan ameliyat süreçlerindeki kemik kesme ile ilgili kolaylık sağlamış ve zaman olarak kesim süresinin de kısalmasına olanak sağlamıştır.

1. AMELİYAT SÜREÇLERİ

1.1. Ameliyat

Ameliyat sözcüğünün kökü arapça'daki "amel' iş, eylem manasındaki sözcüğünden gelir. Gerçek anlamı, işlemler, eylemlerdir. Ameliyat kelimesi bir bütün olarak kullanıldığın da ise yetkili uzmanın hastaya uyguladığı işlem olarak anlaşılır. Kısacası insan vücudunda herhangi bir bozukluğu veya hastalığı tedavi için uygulanan kesme, dikme operasyonlarına denir.

İnsan vücudundaki bozukluğa veya hastalığın tedavisi için cerrahi operatörler yapılan operasyon şekline göre açık veya kapalı ameliyata karar verir ve buna göre cerrah yapacağı ameliyat türünü belirlenmiş olur.

Son zamanlar da teknolojinin gelişmesi ile birlikte ameliyatlar robotik cerrahi sistemler ile de yapılmaya başlanmıştır.

1.2. Açık Ameliyat-Kapalı Ameliyat

Açık ameliyat tedavi edilecek bölgeye ulaşmak için deriyi ve koruyucu bölge dokuları 15-30 cm keserek müdahale edilecek noktaya ulaşılarak yapılan cerrahi ameliyat türüdür [2].

Kapalı ameliyatta ise müdahale edilecek bölgeye ulaşmak için doku veya deride 15-30 cm arasında kesim yapmak yerine müdahale edilecek bölgeye yakın yerlerden 5-15 cm çaplı boruları yerleştirecek kadar birkaç yerden delik delme işlemi ile yapılan ameliyatlardır [3].

1.3. Açık -Kapalı Ameliyat Avantaj ve Dezavantajları

Açık ameliyat ile tedavi edilecek bölgeye rahatlıkla ulaşılmakta ve kullanılacak el aletleri kolay bir şekilde işlevini yerine getirebilmektedir.

Kapalı ameliyatların hastalar üzerinde sağladığı avantajları şu şekilde sıralayabiliriz;

- Estetik Bir Görünüm
- Enfeksiyon Riski
- Fıtık Riski
- Kanama Riski
- Taburcu Olma
- Günlük Yaşam
- Kısırlık Riski

Bu ameliyatlar gözle net görülmesi için kamera kullanılarak yapıldığı için tedavi edilecek bölgedeki diğer dokularında zarar görmesinin önüne geçilmiştir [4].

Kapalı ameliyatlar da maliyet, genel anestezi, deneyim gerektirmesi ve bazı hastalarda uygulanamaması dezavantajları olarak tanımlanabilir.

Kontrol altına alınamayan kanama durumlarında veya yüksek derecede bozukluğu olan anatomik yapılarda kapalı ameliyatın açık ameliyata döndürülme riski de mevcuttur [4].

Kapalı ameliyat hangi durumlarda, kimlere yapılmaz: Boğulmuş fıtıklarda, obezite derecesinde şişmanlarda, bazı dev fıtıklarda, gebelerde, kan hastalığı olanlarda veya sürekli kan sulandırıcı kullananlarda kapalı ameliyat yöntemini kullanmamak gerekir [5].

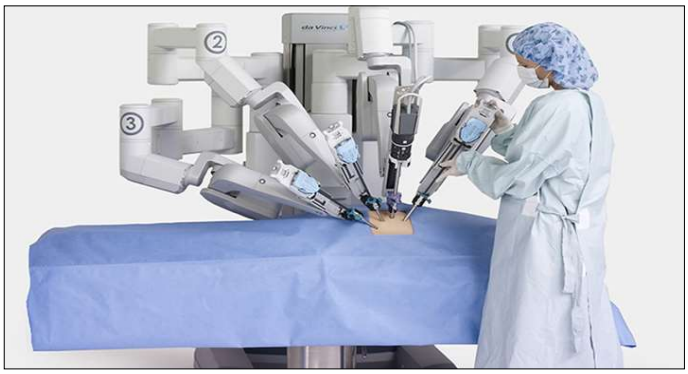
Gelişmiş ülkelerdeki açık ve kapalı ameliyat oranlarını karşılaştırdığımızda %30"a %15 gibi oranlarda farklılıklar göstermektedir [3].

1.4. Robot Cerrahisi

İlk olarak uzayda astronotların tedavisi için düşünülerek ve uzaktan dünyadan müdahale edilmesi ile yapılacak ameliyatlar için düşünülmüştür. Ulusal ve uluslararası alanda teknoloji ile birlikte yenilikçi fikirler doğrultusunda tıbbi alanda da ameliyatı etkileyecek teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Şekil 1.1'de hastaya cerrah tarafından müdahale edilmeden uzaktan otomatik kollar vasıtası ile cerrahın yönlendirmesi ile yapılan ameliyatlara robot cerrahisi denir.

Davinci robotik cerrahi sistemi üç bölüme ayrılmıştır. Bunlardan Şekil 1.2.'de

konsol, görüntü alanı ve kollar bölümüdür.



Şekil1.1. Robotik cerrahi örnek resmi [6]



Şekil 1.2. Robotik cerrahi sistemi bölümleri [6]

1.4.1. Robotik cerrahi sistemin kullanıldığı bölümler alanlar

Tıbbi alanda robotik cerrahi sistemin kullanıldığı bölümleri şu şekilde sıralayabiliriz [7].

- Üroloji
- Jinekoloji
- Genel Cerrahi
- Kardiyotorasik Cerrahi
- Transoral Robotik Cerrahi
- Pediyatrik Cerrahi

1.4.2. Robotik cerrahi sistemin avantajları

Robotik cerrahi sistemin avantajlarını sıralayacak olur isek.

- Üç boyutlu görüntü ve görüntüyü 16 kata kadar büyütebilmektedir.

- 7 Yönde serbest hareket etme kendi ekseni etrafında 540 derece dönebilme özelliği bulunmaktadır.
- Cerrah daha uzun ve yorucu operasyonları daha kısa ve az yorularak gerçekleştirmektedir.
- Hasta açısından ise minimal kesi, daha az ağır daha az kan kaybı, daha hızlı iyileşme, daha iyi kozmetik sonuçlar ve daha çabuk güncel hayata dönmektedir.
- Kan nakli ihtiyacının daha az olması

1.4.3. Robotik cerrahi sistemin dezavantajları

Robotik cerrahi sistemin dezavantajları [7-9].

- Ekipmanları yüksek maliyetli olması
- Cerrahın deneyimli olması gerekmektedir.
- Kurulumun daha uzun sürmesi
- Cihazın boyutlarının büyük olması
- Hastaya dokunma hissinin olmaması

1.5. Ameliyatta Kullanılan El Aletleri

19.Yüzyılın yarısına kadar uygulanan cerrahlık usta çırak ilişkisi şeklinde yürümüştür.19.Yüzyılın ikinci yarısından sonra anestezi ile başlayan yeni el aletleri kullanılması cerrahi el aletlerine ve cerrahi uygulamalara hız kazandırmıştır [10].

Ameliyatı yapılacak bölgenin yerine, amacına ve özelliğine göre kullanılacak ameliyat el aleti farklı özellikte olmaktadır. Spesifik bir ameliyat için özel el aleti kullanılmaktadır.

Ameliyathanelerde kullanılan el aletleri paslanmaz çelik malzemelerden yapılmaktadırlar. Bu malzemenin içerisinde demir, krom ve karbon bulunmaktadır. Paslanmaz çelik malzemeler korozyon dayanımı, yüksek ve düşük sıcaklıklara dayanabilmektedir imalat kolaylığı, mekanik dayanım, görünüm, hijyenik özellikler ve uzun ömürlü olmaları nedeni ile tercih sebebi olmaktadır [11].

Son zamanlarda kullanım özelliğine göre el aletleri alüminyum, titanyum, carbon fiber malzemeler den de üretilmeye başlanmıştır. Örneğin titanyum malzeme çeliğe

göre daha avantajlı, çelikten yüzde kırk beş daha güçlü, yüzde elli daha hafiftir. Titanyumdan üretilen el aletinin üzerinde de manyetik birikim olmamaktadır [12].

El kullanım amacına göre doğru malzeme kullanıldığı takdirde uygulama şekline göre kullanıldığı zaman en az on yıl kadar kullanılabilmektedir [12].

Kullanılacak el aletlerinin ameliyathane de kullanılmasına başlamadan önce ve sonrasında el aletinin hazırlanması ve temizlemesi gerekmektedir ve bu işlemi yapacak hastane personelinin iyi eğitilmiş olması gerekmektedir [12].

El aletlerinin bakımı oldukça önemlidir. Ameliyat esnasında kullanılmaya başlandıktan itibaren dikkat edilmesi gerekmektedir. Kullanılan tüm el aletleri ameliyat sonrasında temizlenip kurutulduktan sonra mutlaka steril edilmelidir [13].

Ameliyat el aletleri genellikle branşa göre beyin cerrahisi, göz cerrahisi, ortopedi cerrahisi, kadın doğum, kalp damar cerrahisi, genel cerrahi, v.b. branşlara göre el aletleri ayrılmış ve farklılıklar göstermektedir [12].

Ameliyat aletleri kullanıldıkları yere ve şekle göre elle tutulan aletler, oynar yada oynamayan aletler ve elektrik ile çalışan, pil gücü ile çalışan aletler olmak üzere de gruplandırılabilmektedir [13].

Ameliyat El Aletlerine Örnekler Verecek Olur isek;

- Kesici aletler
- Tutucu aletler
- Retraktörler
- Delici aletler
- Diğer aletler; aspiratör ve çekiç gibi aletler

1.6. Ameliyatta El Aletinin Seçilmesinde Dikkat Edilecek Konular

Ameliyata başlamadan önce cerrah, operatör veya asistanın aşağıdaki konulara dikkat etmesi gerekmektedir.

- Başarılı bir ameliyat doğru el aleti dizaynı tasarımı, üretimi ve bakım onarımı ile ilişkilidir.

- Ergonomiye uygun bir el aleti cerrahın elinin ölçüleri ve uzmanlığı ile uygun olmalıdır.
- Tasarlanan el aleti hangi amacı teşkil edecek ise o amaç için kullanılmalıdır.
- El aletlerinin kavrama tutma esnasındaki eğim ve bükümleri eli içi uzuvların eğim ve bükümleri ile aynı olmalıdır.

1.7. İnsan Kemiği

Kemik dokusundan oluşmuş sert yapılara kemikler denir. Bağ dokusunun kemik dokuya dönüşmesi ile oluşur. İnsan da vücut ağırlığının %17'sini insan iskeleti oluşturur. İnsan iskeleti 206 kemikten meydana gelir.

İnsan kemiği kalsiyum ve fosfattan oluşur. Kemiğin içyapısına süngerimsi denir. Dış taraftaki sert yapıya kemik kabuğu denir. Mikroskobik düzeyde kemiğin temel yapı birimi osteon veya havers sistemidir. Tabaka sınırları boyunca küçük boşluklar bulunur ve bu boşluklar da kemik hücreleri oluşur.

Şekilsel ve boyutsal olarak 5 tipte kemik türü vardır.

- Uzun Kemikler
- Kısa Kemikler
- Yassı Kemikler
- Düzensiz Kemikler
- Sesamoid Kemikler

1.8. Ameliyatta Kemik Kesmede Kullanılan Testere Çeşitleri

1.8.1. Cerrahi testere bıçakları

Cerrahi testere bıçakları diz, ayak, kalça, el, omuz ve bilek ameliyatlarında kullanılırlar. Bu aletler ameliyat süresinin kısalmasına olanak sağlar. Bu bıçakların uçları seramik ile parlatılmış dişlerden olduğundan zahmetsiz ve hassas kesim işlemi gerçekleştirir.

Bıçaklar tek kullanımlıktırlar her bir hasta için tek bıçak kullanılır, tekli olarak ambalajlanır ve tekli olarak steril edilirler [14].

1.8.2. ACF testere bıçakları

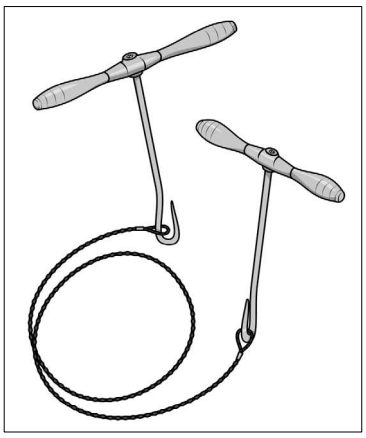
ACF yüksek kaliteli salınımlı bıçakları ortopedi ameliyatları için farklı ölçülerde, uzunlukta ve genişliklerde olurlar. Bu bıçakların ölçüleri tüm kesme işlemine uygulamak için kullanılan kavuzlara uyumludur. Dünyadaki tüm marka ve model motorlar ile uyumlu sorunsuz çalışacak şekilde üretilirler, Farklı cerrahi bıçak tiplerinin sayıları 700'ün üzerindedir [14].

1.8.3. Sagital testere

Sagital testereler ortopedi de cerrahlar tarafından kemiğin hastalıklı parçasının çıkarmak için kullanılır. Kemik kesme esnasında verimli bir sonuca ulaşmak için yüksek hızlarda salınımlı fakat bu salınım kemik hücrelerine zarar verebilmekte aynı zamanda sürtünme ile ısınmaya neden olmaktadırlar. Uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalan kemik termal zarara da neden olmaktadır [15]. Sagital teseterenin kullanımına örnek verecek olur isek eklem protezi ameliyatlarında sagital testereler sıklıkla kullanılmaktadır [16].

1.8.4. Gigli testere

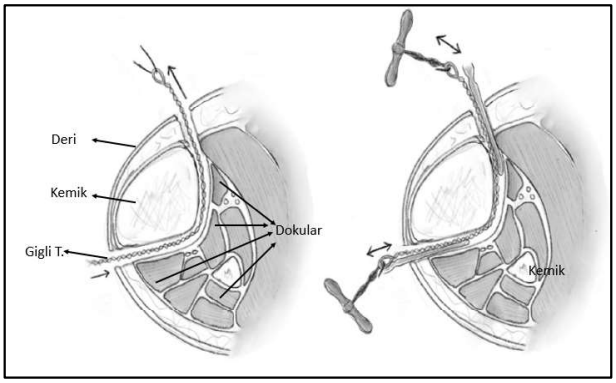
Cerrahların kemiğin kesilmesi ile ilgili kesilecek kemiğini yeri ve konumuna göre Şekil 1.3'de görüldüğü gibi tutucu sapları olan manuel olarak kullanılan gigli testere kullanmaktadırlar.



Şekil 1.3. Gigli testere [1]

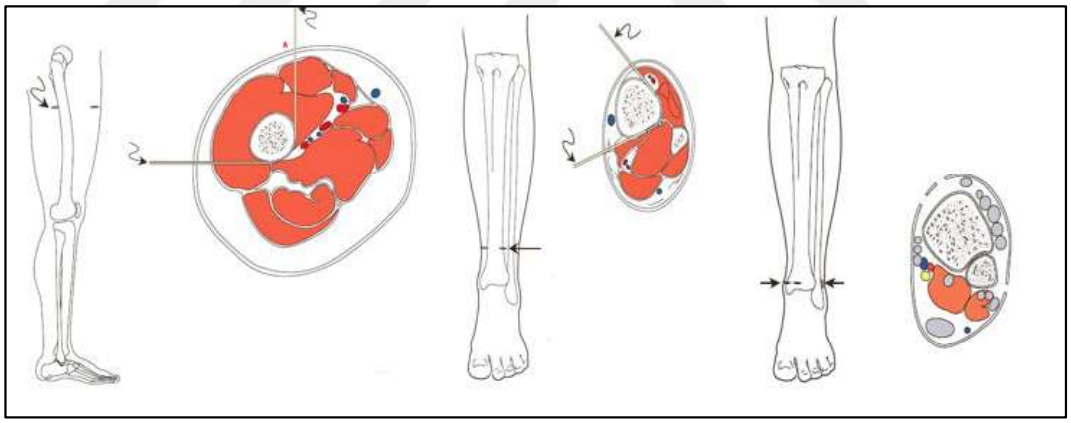
Cerrah ameliyat esnasında Şekil 1.4'de görüldüğü gibi teli kemiğin bir tarafından sokarak diğer tarafından çıkartır. Kemiğin etrafından geçirdiği kesici telin ucundaki

halkaları tutucu saplarda yer alan kancalara takar ve ileri geri hareketi yaparak kesme işlemini yapmaktadır.



Şekil 1.4. Gigli testere kullanımı [17]

Gigli testerenin ameliyat esnasında kemikler üzerinde kesim nokta ve bölgeleri ile ilgili örnek verecek olur isek Şekil 1.5'de görüldüğü gibi femur kemiği proximal bölgede, tibia kemiği distal bölgede ve fibula kemiği distal bölgede kesimi ile ilgili görsel olarak örnekler verilmiştir.



Şekil 1.5. Gigli testere örnek kullanım yerleri [18]

Gigli testerenin kullanımı esnasında Şekil 1.4 ve Şekil 1.5'de kesit görüntülerine bakıldığında kemik kesimi esnasında kemiğin etrafında bulunan dokuların hücrelerin kesilme olasılığının yüksek olduğu da görülmektedir..

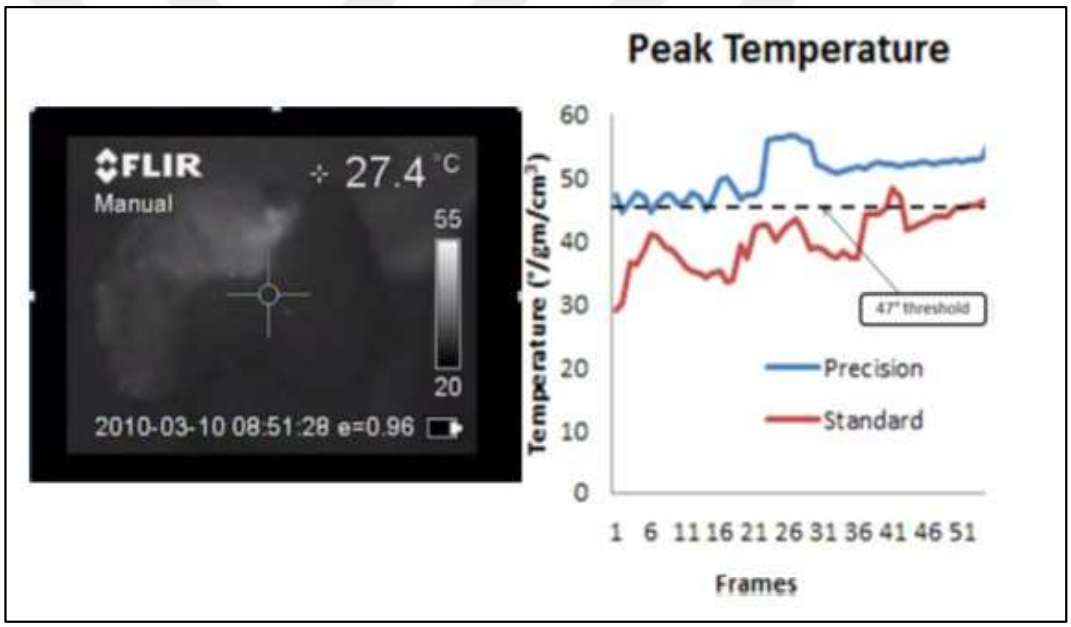
1.9. Literatür Tarama ve Araştırma

Gigli testere üzerine yapılan literatür tarama ve araştırmalar da gigli testereyi icat eden Leonardo Gigli 1863 yılında Floransa'da dünyaya gelmiştir. Profesör H.Frit'in öğrencisi olmuş ve tıp diplomasını aldıktan sonra İtalya'dan ayrılarak iki yıl ünlü

kliniklere katılmak için Paris ve Londra'da kaldı. Gigli basit fakat parlak fikri ile icadını sağladığı gigli testere dünya çapında kolay tekniği ve ucuz maliyeti lie cerrahlar tarafından kullanılmaya devam etmektedir [19].

Ortopedi ve beyin cerrahisi gibi çeşitli alanlardan her zaman kemik üzerine yerleştirmek mümkündür. Kompleks, spesifik anatomilerde ve pelvis kemiklerin üzerinde kayma aynı zamanda kullanımda etrafa zarar verme riski olmaktadır [20].

Ortopedi de ortopedi cerrahi de standart salınımlı testere ile sagital testerenin kullanımı ile ilgili yapılan çalışmada oluşan sıcaklıklar ile yapılan ölçümlerde Şekil 1.8'de de görüldüğü gibi sıcaklık değerinin ortalama 47ºC olduğu görülmektedir [15].



Şekil 1.6. Standart ve sagital testere kullanılarak ölçülen sıcaklık değerleri [21]

Dr. Paley cerrahi aletlerde optimize bir çalışma yaparak gigli testereni kullanımı ile ilgili küçük ayrıntılara da girerek kemik üzerinde kullanımına yönelik ameliyatı çok daha kolaylaştıran çalışmalarda bulunmuştur [17].

Gigli testere kullanılarak yapılan örnek çalışmalar da gigli testerenin kullanımı esnasında testere de bükülmeler oluşabileceği ve meydana gelecek olumsuzluklara karşın açık kesime geçilebileceği vurgulanmıştır [22].

Kafatasında gigli testerenin kullanımı ile ilgili cerrahlar kafa tası kesme işlemlerinin

büyük bir tehlike olduğunun farkındadırlar. Kesim ne kadar uzun sürer ise tehlike de o kadar uzun sürmektedir. Kafatası kesiminde beyine zarar vermeden işlem yapmak deneyimli operatörlerin tecrübeli çalışmaları ile sağlanmaktadır. Çevre dokulara zarar vermemesi için kafatasının altına bir parça konularak gigli testere ile kesim işlemi yapılmaktadır [23, 24].

Çene yüzeyinde kullanımı ile ilgili gigli testere çene yüzeyinin çoğu bölgesinde kullanılmaktadır. Çenede gigli testere kullanılırken kesilecek kemik ve altta yer alan yumuşak dokunun zarar görmemesi gerekmektedir. Yumuşak dokular tel üzerindeki olukların teması ile zarar görmektedir [25].

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Gigli Testere Mekanizması Tasarımı

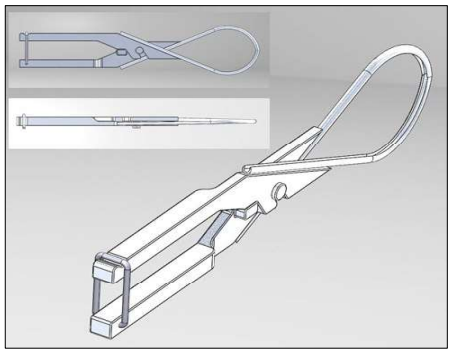
Cerrahlar ameliyat esnasında hasta üzerinde yapılan işlemlerde daha yeni çeşitli cerrahi aletlere ihtiyaç duymaktadırlar. Ameliyat türlerine ve ihtiyaca göre mevcut el aletlerini revize etmek ya da yeni bir ürün ortaya koymak için sistematik işleve uygun tasarıma genellikle deneme yanılma yoluyla ulaşırlar [26].

Tıbbi ürünler kataloğundaki el aletleri bir cerrahın talepleri ve ihtiyaçları doğrultusunda tasarlanarak üretilen ürünlerden oluşur [27] .

Kemikler üzerinde kuvvet, tork ve moment uygulayan cerrahi aletlerin tasarımı oldukça zordur. Çalışma bölgesindeki kemik etrafında yer alan sinir doku gibi çevre anatomik yapılar içinde kullanıma uygun olmalıdır [28].

Gigli testerenin tanımında ve literatür araştırmalardan alınan örnekler doğrultusunda gigli testerenin Şekil 1.4 ve Şekli 1.5'de görüldüğü gibi kemik etrafında bulunan doku, damar, sinir, kas ve hücrelere zarar verebilmektedir.

Gigli testerenin kullanımı esnasında kemik etrafındaki çevrelere zarar vermeyecek çizim programlarında üç boyutlu çizim programı olan solidworks programı kullanılarak gigli testereye kılavuzluk yapacak Şekil 2.1'de görülen gigli testere el aleti ilk tasarımı yapılmıştır .

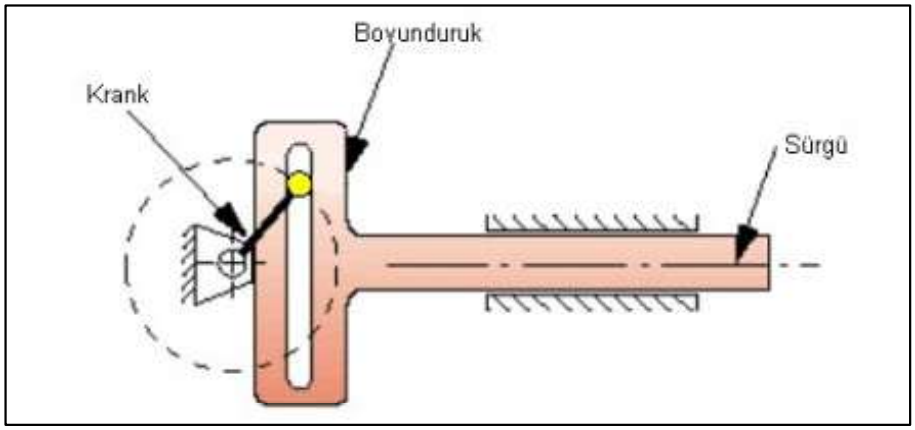


Şekil 2.1. Gigli testere el aleti birinci tasarım

El aletimizin tasarımında hedeflediğimiz nokta gigli testerenin dış taraflarında koruyucu kanal olması ve gigli testerenin bu kanal içerisinde hareket etmesi ile kemik etrafındaki dokuların korunmasını sağlamaktır. Cerrahında gigli testereyi bu kanalda hareket ettirerek ileri geri hareket etmesini sağlamaktır.

Ortaya çıkan Şekil 2.1'de yer alan üç boyutlu çizim doğrultusunda değerlendirmeler yapılarak kılavuz lamaya ek tasarlanan el aleti üzerine gigli testerenin takılacağı bir tarafı sabit diğer tarafa dişli konulması ve bu dişliye bağlı pimlere gigli testerenin takılarak hareket etmesi fikri üzerine hareketli mekanizmalar üzerine araştırmalar yapıldı. Araştırılan mekanizme teknikleri üzerine İskoç boyunduruğu (Scotch-Yoke) mekanizmasını tasarımımızda kullanmaya karar verdik.

İskoç boyunduruğu Şekil 2.2'de görüldüğü gibi kapalı veya açık bir alan içerisinde dairesel hareket eden bir sistemin hareketini değiştirerek lineer harekete, yani doğrusal harekete bir bakıma da harmonik harekete dönüştürür. Bu sistemin tersini doğrusal hareketi dairesele harekete de dönüştürme olarak da düşünebiliriz. İleri geri hareketini yapacak sürgü ismini verdiğimiz arka tarafı yarıklı bölge içerisinde kranktan gelen dairesel hareket üzerinde sabitlenmiş pim aracılığı ile çalışan mekanizmadır [29].

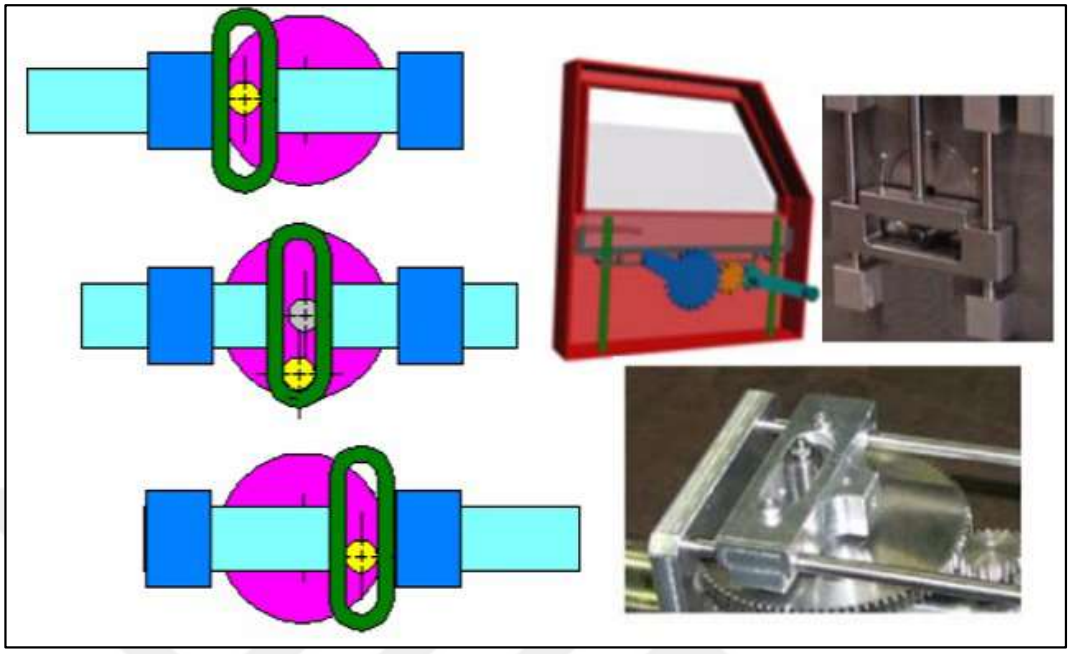


Şekil 2.2. İskoç boyunduruğu mekanizması [29]

Kranktan gelen dairesel hareket döndükçe üzerinde yer alan pim yarık içerisinde hareket ederek sürgünün sağa ve sola hareket etmesi ile dairesel hareketi doğrusal/lineer hareket yapmaktadır.

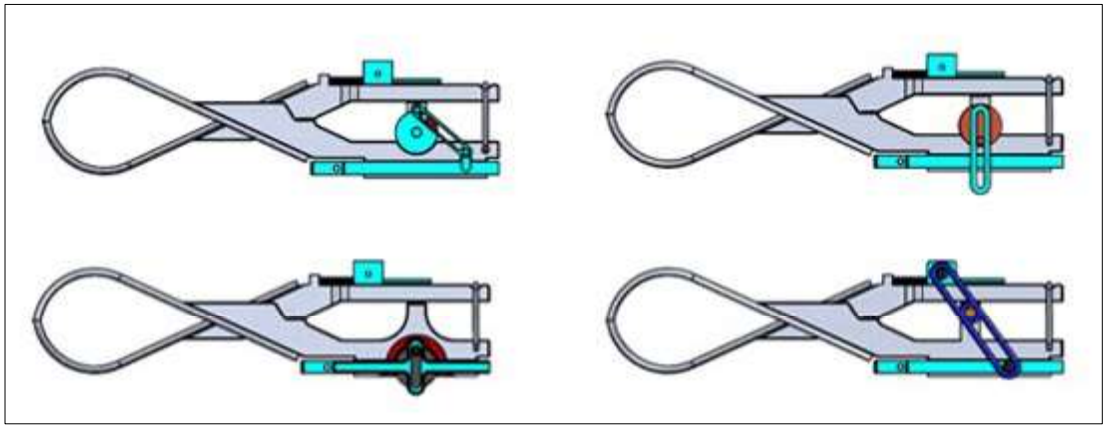
İskoç boyunduruğu mekanizması ile ilgili Şekil 2.3'de dairesel hareket esnasında

oluşan doğrusal hareket ve kullanım yerleri ile ilgili birkaç örnek verilmiştir [29].



Şekil 2.3. İskoç boyunduruğu örnekleri [29]

Araştırmalarımız sonucunda karar verdiğimiz mekanizma tekniği üzerine Şekil 2.1'deki birinci tasarıma ek Şekil 2.4'de yer alan üç boyutlu tasarımlar yapılmıştır.

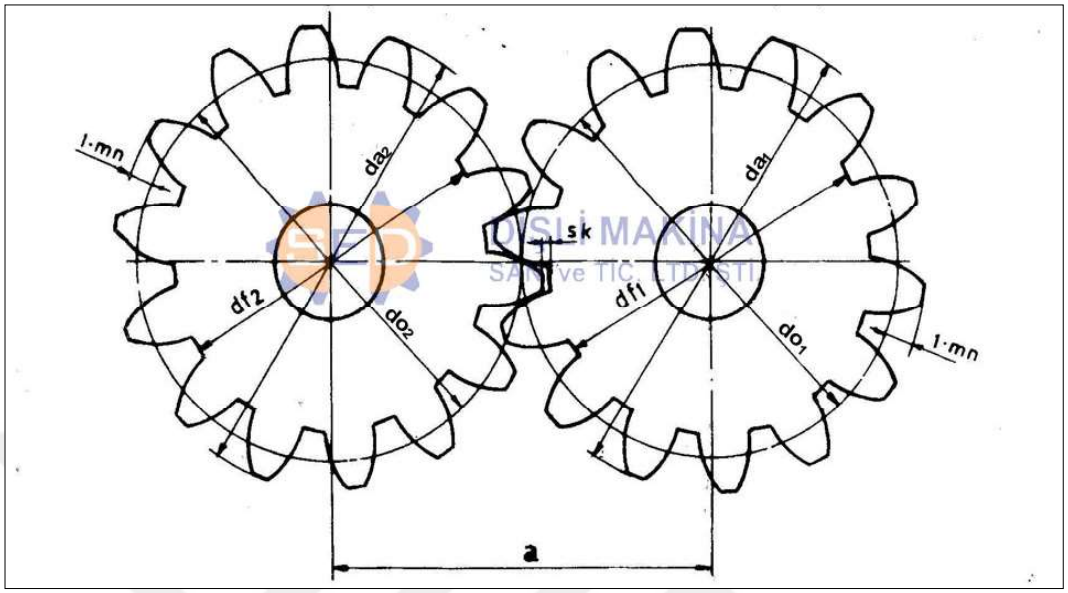


Şekil 2.4. Gigli testere el aleti ikinci tasarımlar

Ortaya çıkan Şekil 2.2'de yer alan tasarımlar değerlendirildi ve bir tarafı hareketli karşı tarafı sabit olan tasarımlarda dişli kullanılmasına ve bu dişlinin Şekil 2.5'de görüldüğü gibi her iki tarafında düz dişli olması için tasarımlarda dikkate alınarak dişli ile ilgili hesaplamalar yapıldı [30, 31].

Düz dişlinin ölçülerinin belirlenmesi esnasında gigli testere el aleti üzerinde

konulabileceği yerler 3D çizim programı olan solidworks programında değerlendirilerek dişlinin diş üstü çapının 48mm olmasına karar verildi.



Şekil 2.5. Düz dişli [30, 31]

Düz dişlilerde hesaplama yapılarak modülün bulunması için Denklem (2.1) kullanılarak modül düz dişlideki modül belirlenmiş olur.

Modül; m=(dk / z+2) = (48/22+2) = 2 (2.1)

Düz dişlinin adımı hesaplanırken Denklem (2.2) kullanılır.

Adım; t=(π x dk) / (z+2) = (π x 48) (2.2)

Düz dişlinin diş sayısı hesaplanırken Denklem (2.3) kullanılarak diş sayısı bulunmuş olur.

Diş Sayısı; z=(dk - 2 x m) / (m) = (48-2x2) / (2) = 22 (2.3)

Düz dişli hesaplamalarında bölüm dairesi çapını hesaplarken Denklem (2.4), diş başı dairesi hesaplanırken Denklem (2.5) kullanılır.

Bölüm Dairesi Çapı; dt= dk – 2 x m = 48 – 2 x 2 = 44 (2.4)

Diş Başı Dairesi Çapı; dk= dt + 2 x m = 44 + 2 x 2 = 48 (2.5)

Düz dişlide yer alan dişlinin ölçüleri ile ilgili diş yüksekliği hesaplanırken Denklem

(2.6), diş başı yüksekliği hesaplanırken Denklem (2.7), diş dibi yüksekliği Denklem (2.8), diş başı boşluğu Denklem (2.9) ve diş genişliği ile ilgili Denklem (2.10) kullanılarak hesaplanır.

Diş Yüksekliği; h= 2,167 x m = 2,167 x 2 = 4,334 (2.6)

Diş Başı Yüksekliği; h1= m = 2 (2.7)

Diş Dibi Yüksekliği; h2= 1,167 x m = 1,167 x 2 = 2, 334 (2.8)

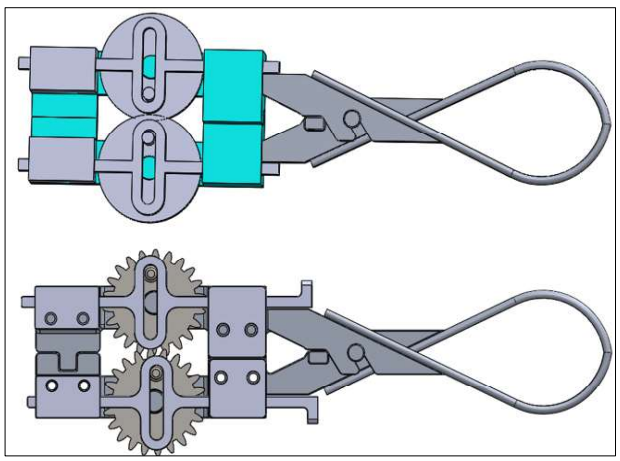
Diş Başı Boşluğu; a= 0,167 x m = 0,167 x 2 = 0,334 (2,9)

Diş Genişliği b=Hareket Dişlileri İçin 8 – 12 (2.10)

İki düz dişlinin verimli olarak çalışması için birbirleri arasındaki eksen mesafesi Denklem (2.11) ile hesaplanarak belirlenir.

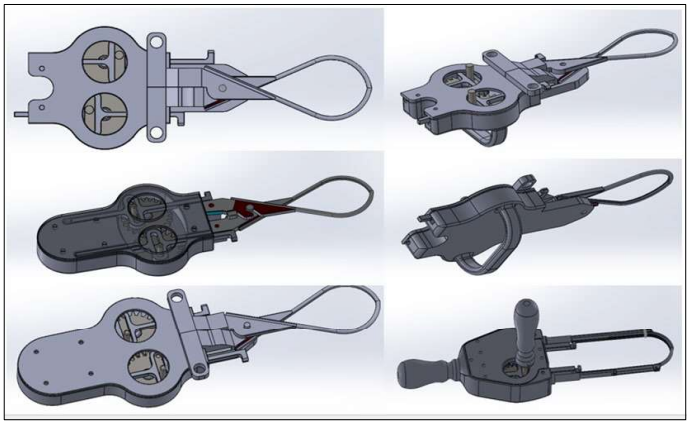
Eksenler Arası Mesafe; E=(m x (z1+z2)) / 2 = (2 x (22+22)) = 44 (2.11)

Gigli testere el aleti üzerinde yer alacak düz dişliler ile ilgili yapılan hesaplamalar sonucunda tekrar üç boyutlu solidworks çizim programı kullanılarak Şekil 2.6'da yer alan gigli testere el aleti üçüncü tasarımları yapıldı.



Şekil 2.6. Gigli testere el aleti üçüncü tasarımlar

Değerlendirmeler sonucunda karşılıklı çalışan dişli mekanizmalarının zarar görmemesi için bir yuvanın içerisinde yer alması ve bu el aletinin eli ile kolay tutabilecek şekilde tasarlanmasına karar verilerek bu fikir doğrultusunda üç boyutlu çizim programı kullanılarak Şekil 2.7'de yer alan farklı tasarımlar yapılmıştır.



Şekil 2.7. Gigli testere el aleti dördüncü tasarımlar

Bu çalışmalar neticesinde lineer hareketi sağlayacak tek tarafından dişliyi döndürecek manuel dairesel hareketin el aleitinin arkasına takılacak motor ile döndürülmesi fikri ortaya çıkmış ve bu fikir ile birlikte motor üzerine araştırmalara başlanmıştır.

Gigli testere el aletinde kullanılacak motorun tasarımlarını yaptığımız el aletine takılabilir ağır olmayan ergonomik ve yer kaplamaması gerekmektedir. Motorun çapı 35-40mm arasında boyuda 120mm'yi geçmemesi gerekmektedir. Bu doğrultuda motorda istene güç Denklem 2.12'den yararlanılarak hesaplanır.

Güç;$P = T \times \omega$ (W)(Watts) (2.12)

Güç için gerekli olan açısal hız hesaplanırken sonuç Denklem 2.13'den bulunur.

Açısal Hız; $\omega = 2 \times \pi \times f$ (rad/s) (2.13)

Açısal hız hesabında gerekli olan frekans değeri bir doktorun manuel olarak gigli testere kullanarak uyguladığı güç ve kuvvet esnasındaki bir saniye içerisinde yapımış olduğu ileri gereki harekete denmektedir. Bizde burda frekansı alırken ortalama 2,5-3 aralığıdında oldğunu gözlemlediğimizde aldığımz frekans değeri 2,7 olarak kabul ettik. Bu doğrultuda açısal hız Denklem 2.13'den hesaplanır ise;

Açısal Hız; $\omega = 2 \times \pi \times f = 2 \times \pi \times 2,7 = 16,965$ (rad/s)'dir.

Açısal hızdan yola çıkarak motorda gerekli olan gücü ortalama 20 watt olarak kabul eder isek Denklem 2.14 kullanılark gerekli torku bulmuş oluruz.

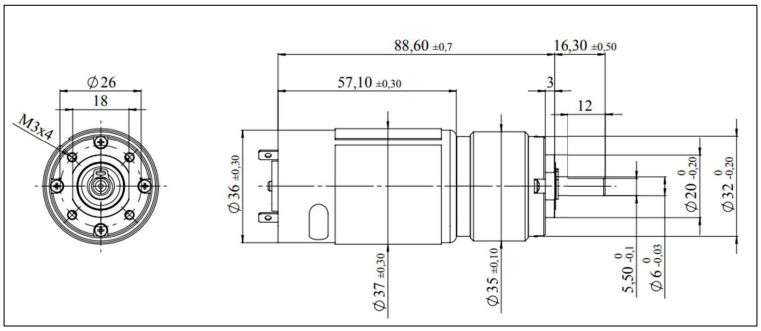
Tork; T= P / (2 x π x f) = 20 / (2 x π x 2,7) = 1,178 Nm'dir. (2.14)

Kullanılacak motorun ileri geri hareket etmesi ve prototip 3D yazıcı ile hammadde olarak PLA malzeme seçildiğinde ortaya çıkan sürtünmeleri minimize etmek için motor 12 voltta doğrul akımda enerji verilerek kullanılacaktır. Bu bilgiler doğrultusunda kullanılacak motorun değerlerin Tablo 2.4'te yer almaktadır.

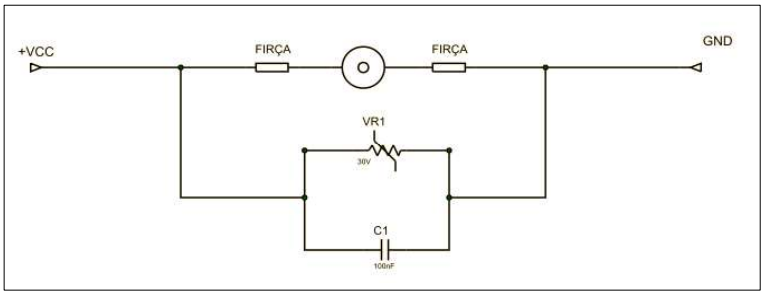
Tablo 2.1. Motor özellikleri

FREKANS	2,7
GÜÇ	20W
VOLTAJ	12 VDC
TORK	2 NM
AÇISAL HIZ	19,965 RAD/S
ÇAP	35-40 MM
BOY	MAX. 130 MM

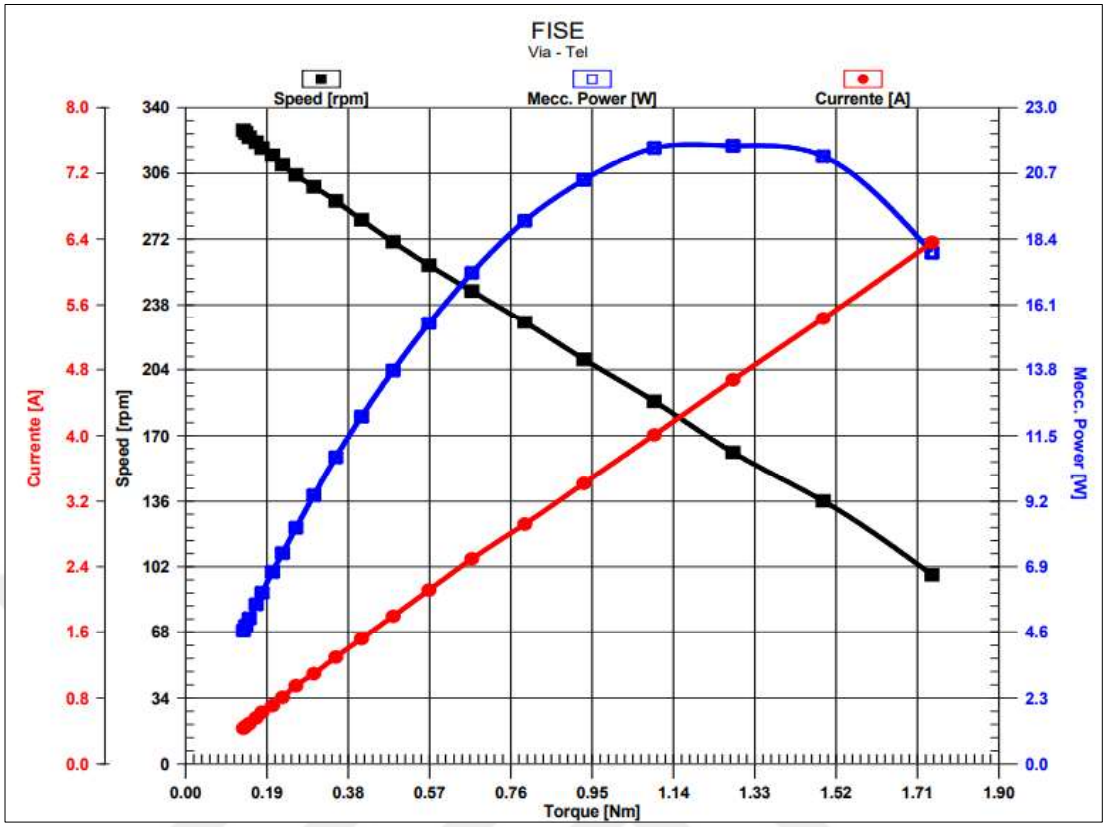
Belirlenen motor özellikleri doğrultusunda Şekil 2.8'de resmi yer alan motor kullanılacaktır. Motorun elektrik şeması Şekil 2.9'da çalışma grafiğide Şekil 2.10'da yer almaktadır.



Şekil 2.8. Kullanıalcak motor

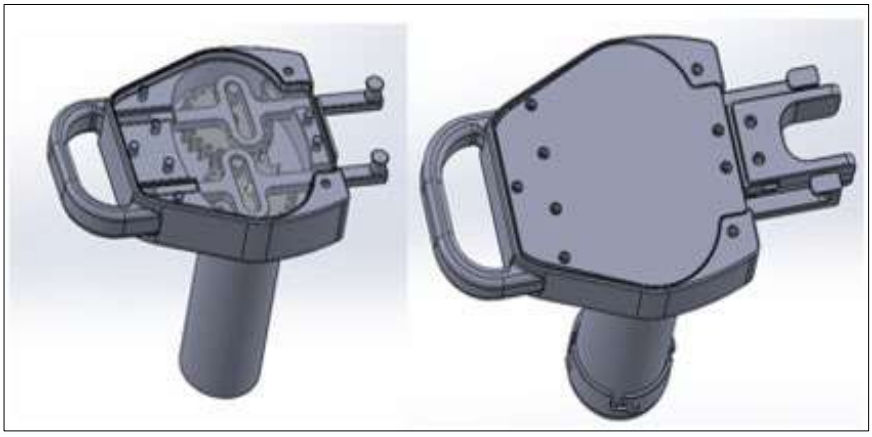


Şekil 2.9. Motor elektrik şeması



Şekil 2.10. Motor çalışma grafiği

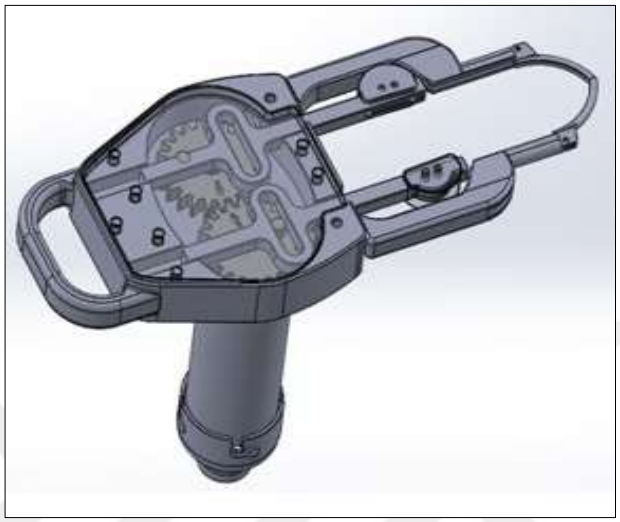
Gigli testere el aletinde kullanılacak motor bilgileri sonucunda Şekil 2.8'de yer alan motor tedarik edildi ve bu motorun Şekil 2.7'de yer alan üç boyutlu tasarımların boyutsal ölçüleri doğrultusunda Şekil 2.11'de yer alan el aleti tasarlanmıştır.



Şekil 2.11. Gigli testere el aleti beşinci tasarımlar

Ortaya çıkan üç boyutlu tasarım üzerine final değerlendirmeler yapılarak Şekil 2.11'de yer alan tasarım üzerine daha önceden belirlenen dişlilerin kapalı bir alan içerisinde yer alması, el aletinin tutu bir yerinin olması gibi istenen özellikleri

karşıladığı görülmüş fakat ek olarak gigli testerenin uçlarının sabitlenmesi gerektiği ve tasarıma ilk başlanma nedeni olan gigli testereye kılavuz yolu yapacak ve çevresini koruyabilecek Şekil 2.12'de yer alan tasarım yapılmış ve bu tasarım üzerinde final nihai tasarım kararı kılınmıştır.



Şekil 2.12. Gigli testere el aleti altıncı tasarım

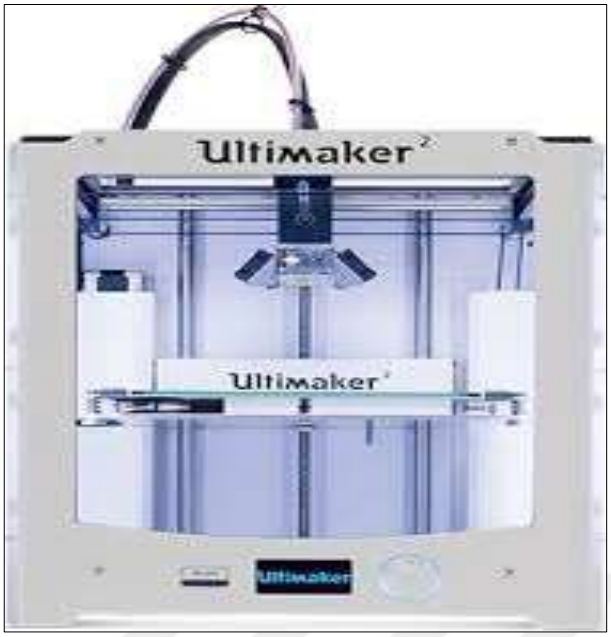
2.2. Gigli Testerenin Prototip İmalatı

Üç boyutlu çizim programı kullanılarak tasarlanan gigli testere el aletinin prototiplerinin üretilmesi üzere Şekil 2.13'de yer alan üç boyutlu yazıcılar üzerine araştırmalar yapıldı.



Şekil 2.13. Örnek üç boyutlu yazıcılar

Araştırmalar sonucunda Şekil 2.14'de yer alan ultimaker marka ultimaker 2 modeli üç boyutlu yazıcı makinesi kullanılmasına karar verildi.



Şekil 2.14. Ultimaker 2 üç boyutlu yazıcı [32]

Ultimaker 2 3D yazıcının teknik özellikleri Tablo 2.1'de yer almaktadır.

Tablo 2.2. Ultimaker 2 üç boyutlu yazıcı teknik özellikleri

Baskı		Fiziksel Boyutlar	
Baskı Teknolojisi	Fused filament	Eksen boyutları	X 35.7 cm
	fabrication (FFF)		Y 34.2 cm
Baskı Hacmi	23 x 22,5 x 20,5 cm		Z 38.8 cm
Katman Çözünürlüğü	20 micron (Ultra high)	Tüm parçalar birleştirildikten sonra yazıcı boyutları	X 49.2 cm
	60 micron (High)		Y 34.2 cm
	100 micron (Medium)		Z 55.8 cm
	200 micron (Low)		
Pozisyon Hassasiyeti	X 12,5 micron		
	Y 12,5 micron		
	Z 5 micron	Kargo kutusu boyutları	X 42.0 cm
Filament çapı	2.85 mm		Y 42.0 cm
			Z 57.8 cm
Baskı ucu çapı	0.4 mm	Ağırlık	11.2 kg
Baskı hızı	30 mm/1 - 300 mm/s	Toplam kargo ağırlığı	15.6 kg
İşleme hızı	30 mm/1 - 350 mm/s	Sıcaklık	
Yazılım		Baskı sırasındaki optimum çevre sıcaklığı	15 - 32 degrees celsius
Yazılım paketi	Cura – Ultimaker		
		Depolama sıcaklığı	0 - 32 degrees celsius
Dosya türleri	STL / OBJ / DAE / AMF	Baskı sırasındaki baskı ucu sıcaklığı	180 - 260 degrees celsius
Desteklenen	Windows (XP 32 bit/7+)		
işletim sistemleri	Ubuntu Linux (12.04+)	Baskı sırasındaki baskı levha sıcaklığı	50 - 100 degrees celsius
	Mac OS X (10.6 64bit +)		
Güç		Ses	
AC Giriş	100 - 240 V, approx. 4 AMPS,	Baskı sırasında ortalama gürültü şiddeti	49 dBA
	50 - 60 HZ 221 watt max.		
Gereksinim	24 V DC @ 9.2 AMPS	Bağlantı	SD-Kart üzerinden baskı USB

3D yazıcılarda ABS, PLA, PETG, ESNEK PLA, ŞEFFAF PLA, Fiber, HİPS, PVA hammaddeleri kullanılarak 3D çıktı alınmaktadır. ABS ve PLA hammaddelerinin ısıl özellikleri Tablo 2.2'de mekanik özellikleri de Tablo 2.3'de yer almaktadır [33].

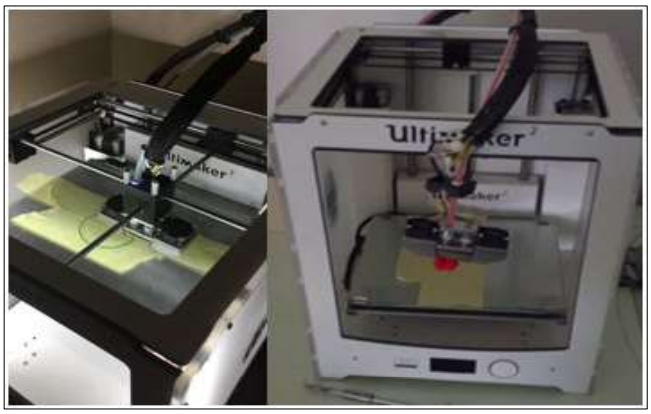
Tablo 2.3. Üç boyutlu yazıcı malzeme sıcaklık değerleri

Isıl Özellikler	**PLA**	**PLA Plus**	**ABS**	**ABS Plus**
Erime Akış İndeksi (MVI)	10.3cm3/10dk	3.4 cm3/10dk	9.7cm3/10dk	15.9cm3/10dk
Kırılganlık Sıcaklığı	60-65ºC	60-65ºC	105ºC	108ºC
Gevşeme Sıcaklığı	70-80ºC	70-80ºC	110-125ºC	110-125ºC
Erime Sıcaklığı	160-190ºC	160-190ºC	210-240ºC	210-240ºC
Basım Sıcaklığı	190-220ºC	205-225ºC	230-250ºC	220-260ºC
Yatak Sıcaklığı	50-70ºC	60-80ºC	80-120ºC	80-120ºC

Tablo 2.4. Üç boyutlu yazıcı malzeme mekanik özellikleri

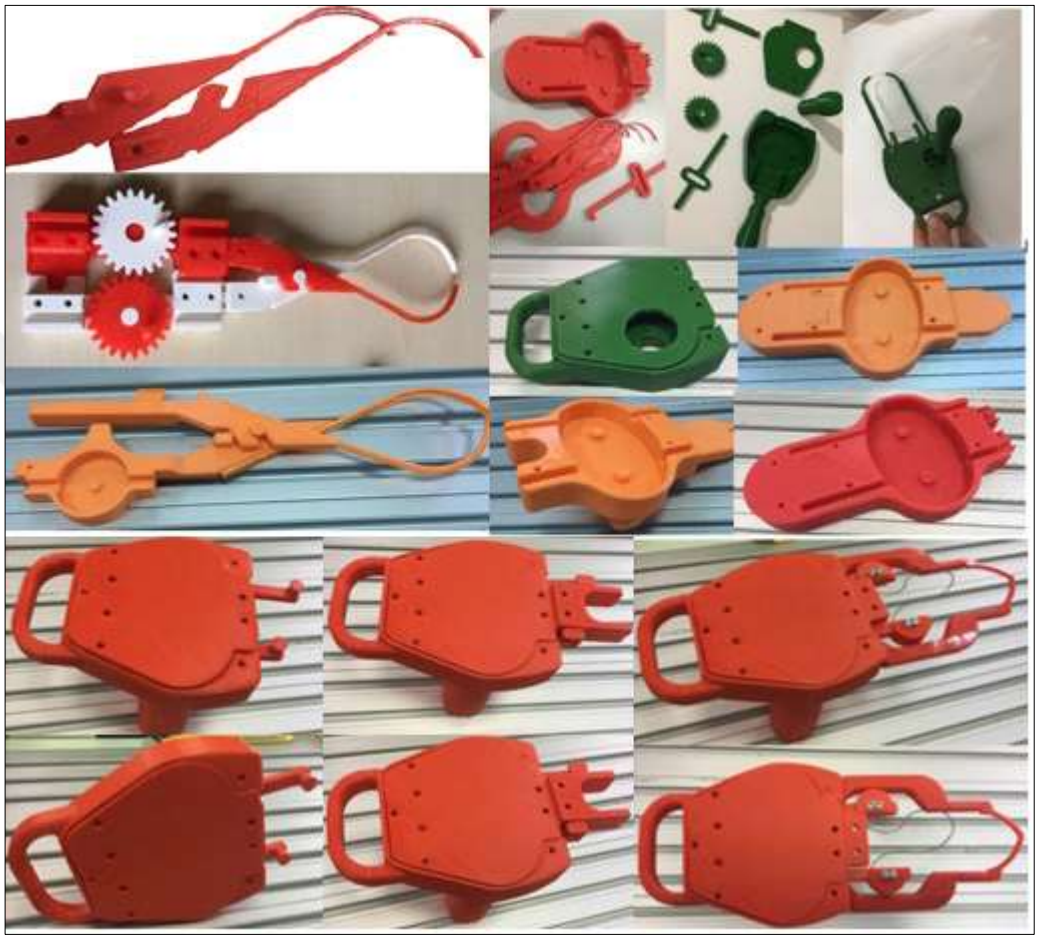
Mekanik Özellikler	**PLA**	**PLA Plus**	**ABS**	**ABS Plus**
Tensile Strength (MPa)	65	60	41	39.4
Elongation at Break (%)	7.5	29	8.2	30
Bending Strength (Mpa)	97	87	63	68
Bending Modulus (MPa)	3600	3672	2200	2443

Üç boyutlu yazıcı makinesi belirlenmesi ve bu makinede kullanılacak hammaddelerin sıcaklık ve mekanik değerleri dikkate alındığında üç boyutlu prototiplerin üretilmesi için PLA malzeme kullanılarak Şekil 2.15'de görünen üç boyutlu ultimaker 2 makinesinde prototip imalatına başlanmıştır.



Şekil 2.15. Üç boyutlu yazıcıda prototip imalatı

Üç boyutlu çizim programında çizilen tüm tasarımların Şekil 2.17'de el ile tutulabilen ve montajı yapılan prototipleri üzerinden uygulamalar ve değerlendirmeler yapılarak bir sonraki tasarımlara geçilerek Şekil 2.12'de görülen tasarıma karar kılınmıştır.



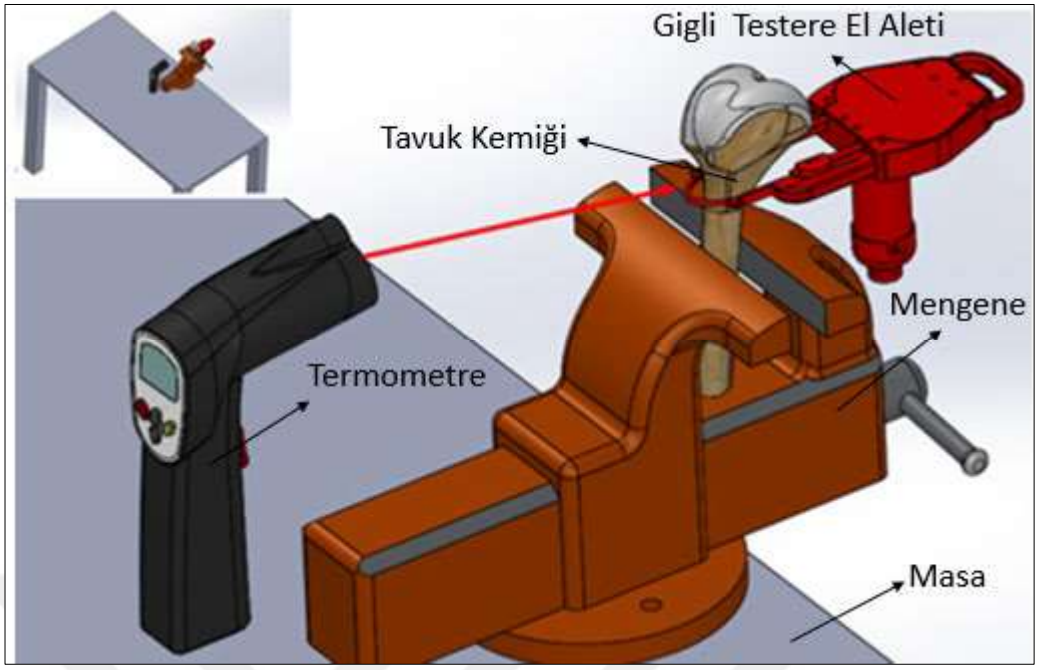
Şekil 2.16. Prototip imalat ve montajlar

Gigli testere el aleti tasarımları tamamlanarak PLA malzemeden üç boyutlu prototip imalatı yapılarak montajı tamamlanmıştır ve deney çalışmalarına başlanmıştır.

2.3. Deney Düzeneği

Üç boyutlu yazıcı ile üretilen prototip gigli testere el aletini deneme çalışmalar yapmak üzere tavuk kemiği Şekil 2.17'de yer alan deney düzeneği çiziminde masa üzerinde bulunan mengeneye sabitlenecek ve prototip imalatı gerçekleştirilen gigli testere el aleti ile kesme işlemi yapılacaktır.

Kesme esnasında gigli testerenin temas ettiği yerdeki sıcaklıklar ölçülecektir.



Şekil 2.17. Deney düzeneği çizimi

Şekil 2.17'de yer alan deney düzeneğindeki deneyin yapılması için kemik ile ilgili kasaptan tavuk budu alınarak kemik etrafının temizleme çalışmaları yapılmıştır.

Deney düzeneğinde Şekil 2.18'de görüldüğü gibi Flir marka E65 modeli sıcaklık ölçüm cihazı kullanılacaktır.



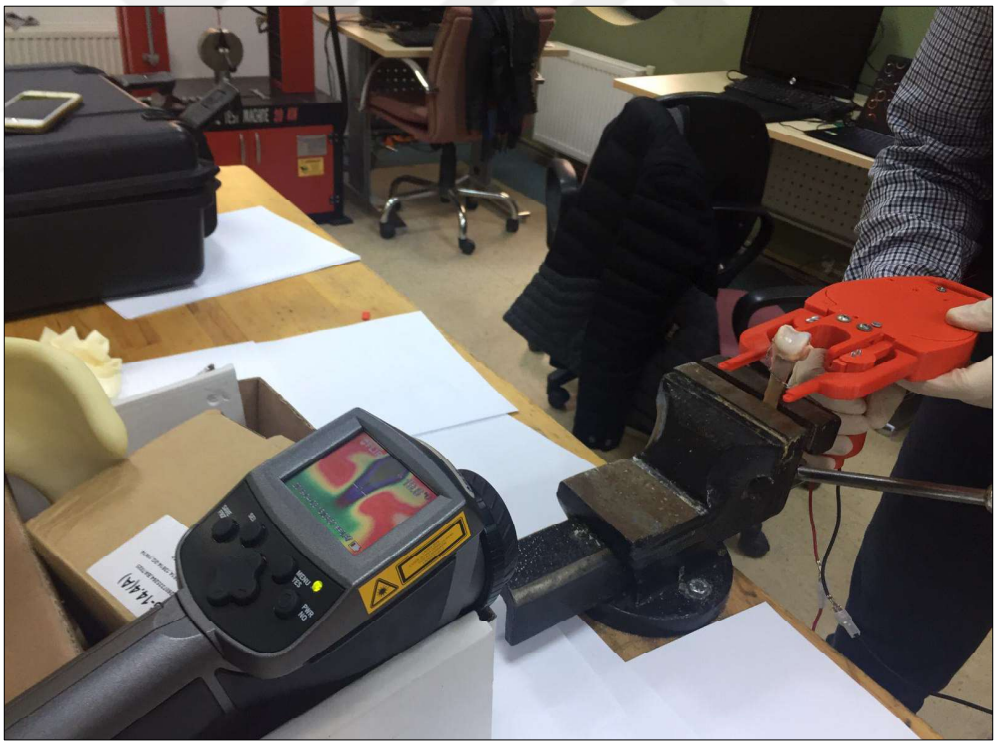
Şekil 2.18. Termal kamera [34]

Gigli testere prototip el aletin kemik üzerinde deney çalışmalarına başlamadan önce tahta malzemesi alınarak prototip el aletinin kesip kesmemesi üzerine Şekil 2.19'da görüldüğü gibi deneme yapılmış ve kestiği görülmüştür.



Şekil 2.19. Prototip el aletinin tahta malzeme üzerinde kesme deney resmi

Şekil 2.17'de çizimi yapılan deney düzeneği doğrultusunda termal kamera ve temizlenmiş tavuk kemiği de tedarik edildi ve Şekil 2.20'de görüldüğü gibi deney düzeneği oluşturuldu.



Şekil 2.20. Deney düzeneği

Şekil 2.20'de yer alan deney düzeneğinde kullanılan Flir marka E65 modeli termal kameraya alternatif Şekil 2.21'de yer alan Fluke marka 566 model lazer sıcaklık öcüm cihazı tedarik edildi ve bu cihaz ile de sıcaklık Şekil 2.22'de görüldüğü gibi sıcaklık ölçümü yapılarak test yapılmıştır.



Şekil 2.21. Lazer sıcaklık ölçüm cihazı



Şekil 2.22. Lazer sıcaklık ölçüm cihazı ile yapılan ölçüm resmi

Tavuk kemiği ile yapılan deneyler sonrasında alternatif çalışma olması için Şekil 2.23'de görüldüğü gibi büyük baş hayvan kaburga kemiği alınarak mengeneye

bağlandı ve prototip gigli testere el aleti ile kesme çalışmaları yapılıp kesim noktasındaki sıcaklık değerleri ölçüldü.

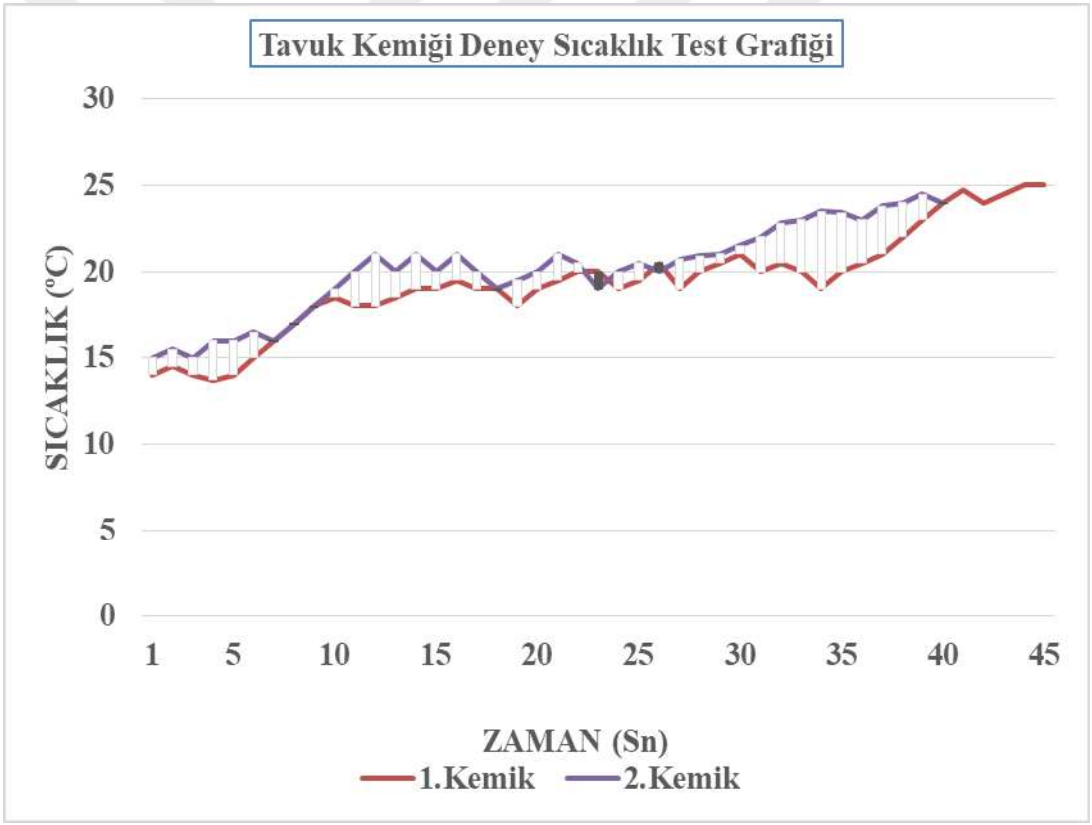


Şekil 2.23. Büyük baş dana kaburga kemiği ile yapılan deney resmi

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

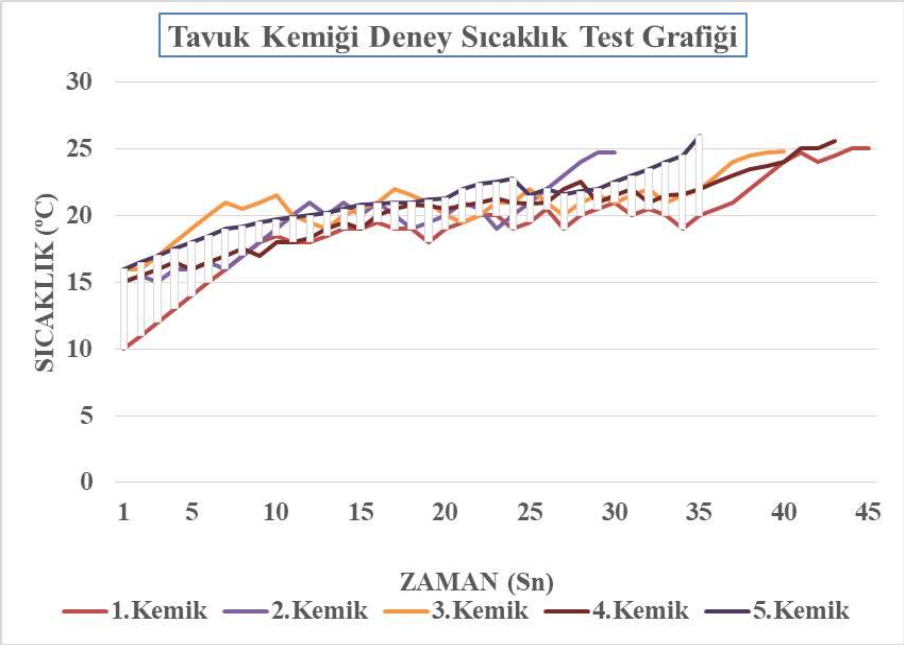
3.1. Bulgular

Gigli testere prototip el aleti ile Şekil 2.15'de yer alan deney düzeneği çizimi doğrultusunda deneylere başlanmıştır. İlk olarak Flir marka E65 termal kamera ile tavuk kemiği üzerinde yapılan kesimdeki sıcaklık ölçüm değerleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Ölçümler sonucunda ortalama sıcaklığın değerlerinin 20ºC'de olduğu ve en yüksek olarak 25ºC'ye çıktığı görülmüştür.



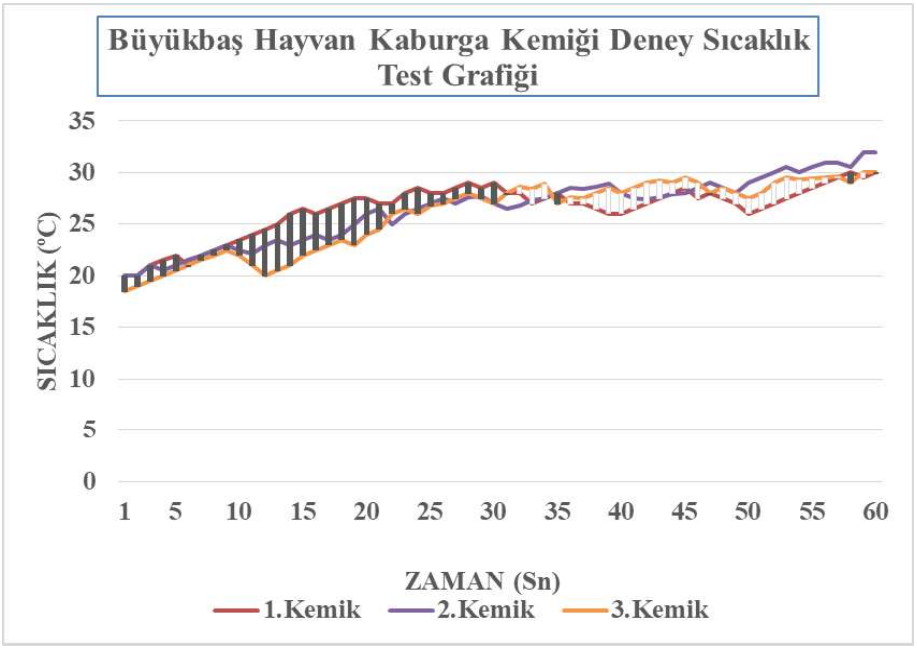
Şekil 3.1. Termal kamera ile tavuk kemiği üzerinde kesim esnasında oluşan sıcaklık ölçüm grafiği

Deneyler aynı şekilde mevcut termal kameraya alternatif Şekil 2.19'da yer alan Fluke marka 566 modelde lazer sıcaklık ölçüm cihazı ile de yapılmış ve Şekil 3.2'de sonuçları verilmiştir. Ölçümler sonucunda ortalama sıcaklığın değerlerinin 22ºC'de olduğu ve en yüksek olarak 25ºC'ye çıktığı görülmüştür.



Şekil 3.2. Lazer sıcaklık ölçüm cihazı ile tavuk kemiği üzerinde kesim esnasında oluşan sıcaklık ölçüm grafiği

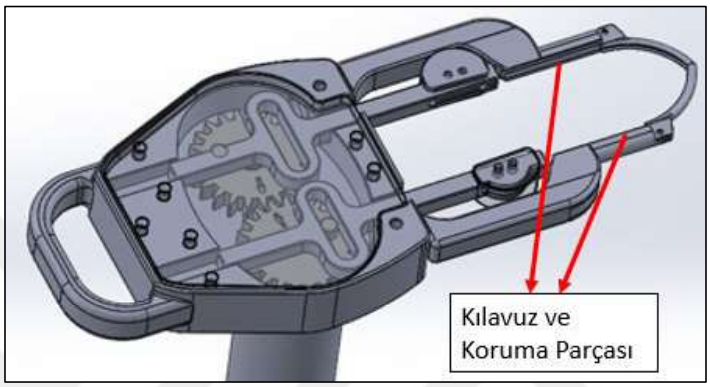
Prototip olarak üretilen ve montajı yapılan gigli testere el aletinin tavuk kemiği üzerinde yapılan testlerinden sonra Şekil 2.21'yer alan büyük baş hayvan kaburga kemiği üzerinde kesme deneyleri yapılmış Şekil 3.3'de sıcaklık ölçüm sonuçları yazılmıştır. Ölçümler sonucunda ortalama sıcaklığın değerlerinin 25ºC'de olduğu ve en yüksek olarak 28ºC'ye çıktığı görülmüştür.



Şekil 3.3. Büyük baş dana kaburga kemiği üzerinde kesim esnasında oluşan sıcaklık ölçüm grafiği

3.2. Tartışma

Gigli testere üzerine yapılan literatür çalışmalarına göre gigli testerenin ameliyatta kemik kesmeyi kolaylaştırdığı belirtilmiştir [17]. Aynı zamanda gigli testerenin kullanımı esnasında çevre dokulara zarar vermektedir [23, 24]. Literatürdeki bu bilgiler de dikkate alındığında tasarlanan Şekil 3.4'deki gigli testere el aletinin uç kısmında yer alan testereye kılavuzluk yapacak parçalara ihtiyaç vardır.



Şekil 3.4. Gigli teste el aleti kılavuz ve koruma parçası

Gigli testereni kullanımı esnasında testerede bükümler oluşabileceği ve bükümler oluğu takdirde ameliyatın açık kesime geçilebilme ihtimali olduğundan Şekil 3.4'deki kılavuz parçaları testerenin bükülmesini engelleyecektir.

Gigli testerenin kullanımı esnasında kemik üzerinde oluşabilecek sıcaklık değerleri ile ilgili literatür taramaları ve araştırmalarında herhangi bir bulguya saptanmamıştır. Fakat literatür taramada benzer kemik kesme için kullanılan sagital testere ile kesilen kemik üzerinde yapılan sıcaklık ölçüm değerleri Şekil 1.6'da göstermektedir. Bu doğrultu da prototipi üretilen gigli testere el aletinin tavuk kemiğinde ve büyük baş hayvan kaburga kemiğinde Şekil 3.1, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de görüldüğü gibi sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Literatür ve deney sonuçlarına göre kemik üzerinde oluşan sıcaklık değerlerinin azaldığı görülmüştür.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ortopedik ameliyatlarda kemik kesme işleminde kullanılan Gigli testeresinin daha kolay kullanımı ve daha otomotize çalıştırılabilmesi için yeni bir mekanik sistem tasarımı ve prototip imalatı yapılmıştır. Geliştirilen testere sistemi içerisinde ortopedist cerrahın el veya kol gücünü kullanmak yerine testerenin kemiği daha rahat ve kolay kesebilmesi için, içerisinde İskoç boyunduruğu mekanizması geliştirilmiş bir el aleti olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan ve prototip olarak imal edilen el aleti gigli testere mekanizması, tavuk kemikleri üzerinde deneysel kesme çalışmaları yapılmıştır. Geliştirilen, testere mekanizması ile sadece kemik değil, ağaç ve Al veya bakır gibi ametaller üzerinde de kesme işlemleri yapılarak denenmiştir. Bu deneme çalışmaları ile geliştirilen gigli testere el aleti çalışmasında herhangi bir problem yaşanmadığı ve dolayısı ile de geliştirilen testere el aletinin doğrulaması da yapılmış oldu.

Öte yandan, tavuk kemiği kesme deneme çalışmalarında kemik üzerinde oluşan ısı değişmeleri ölçümleri de yapılarak doğrulama çalışmaları yapılmıştır.

Geliştirilen testere sistemi ile kesme esnasında kemik oluşan sıcaklık miktarı kritik sıcak değerinin üzerinde çıkmadığı için de, kemik veya yumuşak dokularda da herhangi bir nekroz hasarının oluşmadığı da doğrulanmıştır.

Gigli testere ile kesim esnasında herhangi ortaya çıkan ısı ile ilgili bir bulgulara saptanmadığın dan bu çalışma gigli testere üzerine literatüre katkı sağlayacaktır.

Mevcut kemik kesme yöntemlerinden biri olan sagital testere ile yapılan çalışmalarda elde edilen sıcaklık değerleri mevcut tasarım ile iyileştirilmiştir.

Ameliyat esnasında cerrah gigli testereyi manuel olarak kullanırken yeni tasarım ile otomatik olarak kullanacaktır. Cerrahın manuel kullanıma nedeni ile kemik üzerinde kesi yüzeyi düzgün olmamaktadır. Mevcut tasarım ile düzgün kesi yüzeyi ortaya çıkacağından kemik iyileşme sürecini olumlu etkileyecektir.

Mevcut gigli testerede cerrah ameliyat esnasında tutucular ile manuel olarak kullanımları ameliyat sürecini uzatmaktadır. Mevcut tasarımda otomatikleştirilen sistem ile ameliyat süresi kısalacaktır.

Kullanımı ile ilgili doktorlar tarafından olumlu sonuçlar alınması halinde hem tıp alanında hem de ülkeye milli, ekonomik, akademik alanlar da katkılar sağlayacaktır.

Gigli testere prototip el aleti ortopedi cerrahları tarafından kullanım şartlarına bağlı olarak denemeler yapılarak geliştirilebilir bir el aletidir.

KAYNAKLAR

[1] URL-1: https://en.wikipedia.org/wiki/Gigli_saw, (Ziyaret Tarihi: 20 Ağustos 2017).

[2] URL-2: http://www.tedavisibu.com/acik-ameliyat-nedir, (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2019).

[3] URL-3: http://www.acibadem.com.tr/Hayat/Bilgi/kapali-ameliyatin-6-onemli-avantaji, (Ziyaret Tarihi: 16 Mayıs 2019).

[4] URL-4: https://www.zekisalar.com/kapali-cerrahi-yontem/kapali/, (Ziyaret Tarihi: 22 Ağustos 2018).

[5] URl-5: http://www.kasikfitigi.org/makaleler/96-acik-kapali.html, (Ziyaret Tarihi: 15 Mayıs 2019).

[6] URL-6: https://www.cemiyibozkurt.com/hangi-ameliyatlar-robotla-yapilabilir/, (Ziyaret Tarihi: 15 Mayıs 2019).

[7] URL-7: http://www.drmetegungor.com/robotik-cerrahi-nedir,DP-634.html, (Ziyaret Tarihi: 16.Temmuz 2018).

[8] URL-8: https://www.aksam.com.tr/saglik/robotik-cerrahi-nedir/haber-224513, (Ziyaret Tarihi: 03 Şubat 2.2019).

[9] URL-9: https://www.ayselozkaynak.com/tr/article/desc/45265/robotik-cerrahi-nedir.html, (Ziyaret Tarihi: 05 Ağustos 2018).

[10] Adnan A., 19. Yüzyilda Türkiye'de Cerrahinin Gelişimi ve Op. Dr. Cemil Topuzlu Paşa, *Osmanlı Tarihi Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi OTAM*, 2003, **16**(16), 66-76.

[11] URL-10: http://www.saritas.com.tr/, (Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2018).

[12] URL-11: https://www.cerrahi.gen.tr/cerrahi-aletler.html, (Ziyaret Tarihi: 03 Nisan 2019).

[13] URL-12: https://www.ameliyatlar.gen.tr/ameliyat-aletleri.html, (Ziyaret Tarihi: 05 Haziran 2019)

[14] URL-13: http://cerrahitesterebicak.com/2017/11/09/cerrahi-testere-bicak-nedir/, (Ziyaret Tarihi: 03 Mayıs 2017).

[15] James T. P., Kelly M. P., Lannin T. B., Pearlman J. J., Saigal A., Sagittal bone saw with orbital blade motion for improved cutting efficiency, *Journal of Medical Devices*, 2013, **7**(1), 011009.

[16] James T. P., Chang G., Micucci S., Sagar A., Smith E. L., Cassidy C., Effect of applied force and blade speed on histopathology of bone during resection by sagittal saw, *Medical engineering & physics*, 2014, **36**(3), 364-370.

[17] Paley D., *Principles of deformity correction.* Springer2014.

[18] https://www.pegamedical.com/en/Products/DPOS-Dr-Paley-s-Osteotomy-System.html, (Ziyaret Tarihi: 15.05.2019).

[19] Brunori A., Bruni P., Greco R., Giuffré R., Chiappetta F., Celebrating the centennial (1894–1994): Leonardo Gigli and his wire saw, *Journal of neurosurgery*, 1995, **82**(6), 1086-1090.

[20] Zoccali C., Zoccali G., Bakaloudis G., Salducca N., Biagini R., A new technique to perform pelvic osteotomy using Gigli saw, *Journal of surgical oncology*, 2013, **108**(2), 136-136.

[21] Lustig S., Scholes C. J., Oussedik S., Tam S., Dabirrahmani D., Appleyard R., Parker D. A., A Comparison of the Temperature Rise Generated in Bone by the Use of a Standard Oscillating Saw Blade and the "Precision" Saw Blade, *Journal of Medical Devices*, 2013, **7**(2), 021006.

[22] DiDomenico L. A., Anain J. M., LaCivita M. D., Percutaneus Calcaneal Displacement Osteotomy, 2010, 231-244.

[23] Schaefer F. C., V. Instrument to Protect the Brain while doing Craniotomy with Gigli Saw, *Annals of surgery*, 1903, **37**(4), 505.

[24] Mc Van Dijk Rtwm Thomeer J., Use of the Gigli saw in performing a mid-frontobasal or pterional craniotomy, *British journal of neurosurgery*, 1997, **11**(6), 558-559.

[25] Rai A., Khan M., Jain A., Use of cable guide while performing segmental mandibulectomy using Gigli saw, *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 2018, **119**(1), 79-80.

[26] Lim J. J. B., Application of Type Synthesis Theory to the Redesign of a Complex Surgical Instrument, *Journal of Biomechanical Engineering*, 2002, **124**(3), 265.

[27] Kondor S., Grant C. G., Liacouras P., Schmid M. J. R., Parsons L. M., Macy B., Sabart B., Macedonia C., Personalized surgical instruments, *Journal of Medical Devices*, 2013, **7**(3), 030934.

[28] Casesnoves F., Computational Simulations of Vertebral Body for Optimal Instrumentation Design, *Journal of Medical Devices*, 2012, **6**(2), 021014.

[29] URL-14: http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mekanizma%20Tekni%C4%9Fi-4.pdf, (Ziyaret Tarihi: 04 Temmuz 2018).

[30] Anonymous, *Uygulanmış Makine Elementary (Diana & Contusion).* Birsen Yayınevi2016.

[31] URL-15: https://www.makinaegitimi.com/disli-cark-hesaplama-formulleri-tablosu/, (Ziyaret Tarihi: 03 Ağustos 2017).

[32] URL-16: https://ultimaker.com/3d-printers, (Ziyaret Tarihi: 18 Ağustos 2017).

[33] URL-17: https://www.artiboyut.com/index.php/tr/bilgi-bankasi/39-3d-yazici-filament-ozellikleri, (Ziyaret Tarihi: 18 Ağustos 2018).

[34] URL-18: https://www.flir.com/instruments/exx-series/, (Ziyaret Tarihi: 12 Ekim 2018).

[35] URL-19: https://www.fluke.com/tr-tr/urunler/sicaklik-olcumu/ir-termometreleri, (Ziyaret Tarihi: 12 Ekim 2018).

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] **İpek H**., Mutlu İ., Akpınar F. Modification of Gigli Saw for Surgical Operations(Gigli Testeresinin Cerrahi Operasyonlar için Modifiye Edilmesi), Uluslararası 9.Biyomekanik Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 18-22 Eylül 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan İPEK 1982 yılında Çankırı'da doğdu. 1985 yılında babasının Taşkızak Tersanesi Komutanlığı'nda işe girmesiyle ailesi ile birlikte İstanbul'a taşındı. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlandı. 2006 Yılı Eylül ayında girdiği Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2010 yılı Şubat ayında üç buçuk yılda eğitimini tamamlayıp Makine Mühendisi olarak mezun oldu. Askerlik görevini yerine getirdikten sonra 2011 yılında TST Tıbbı Aletler firmasında Ar-Ge Mühendisi olarak işe başladı. 2012 Yılında Ar-Ge Merkezi olan bir başka Akım Metal firmasında Medikal Takım Lideri olarak 2018 yılına kadar görev yaptı. Aynı zamanda 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başlayarak 2019 yılında tamamladı. 2018 yılında Kormas Elektrik Motorları firmasına Ar-Ge Mühendisi olarak işe girdi ve 2019 yılı itibari ile görevine devam etmektedir.