

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**LAPAROSKOPİK CERRAHİ ALET TASARIMI**

**KAZIM ÇALIŞKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** **Dr. Öğr. Üyesi Fuat TAN (Tez Danışmanı)**  
**Prof. Dr. Alaattin KAÇAL**  
**Dr. Öğr. Üyesi Tuğrul AKYOL**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 203**

## **ETİK BEYAN**

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Laparoskopik Cerrahi Alet Tasarımı**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Kazım ÇALIŞKAN**

## ÖZET

**LAPAROSKOPİK CERRAHİ ALET TASARIMI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**KAZIM ÇALIŞKAN**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ FUAT TAN)**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2023**

Teknolojinin ilerlemesi ile ameliyatlar artık daha az invaziv yöntemler ile yapılır hale gelmiştir. Kapalı ameliyatlar (laparoskopi), vücut boşluklarında potansiyel boşluk oluşturularak ve küçük kesilerden kamera eşliğinde uygun cerrahi el aletlerinin yardımıyla ameliyatların gerçekleştirilmesidir. Tasarladığımız cerrahi sistem ile laparoskopik cerrahi, robotik cerrahi ve Notes cerrahide karşılaşılan sorunların çözüm yollarını araştırmak amaçlanmaktadır. Bu sorunlar daha küçük insizyonlar oluşturabilmek, enfeksiyon kontrolü, çok sayıda alet ile çalışabilmek ve ergonomik çalışabilmek olarak sıralanabilir. Tasarımımızda bir giriş yerinden birden fazla aletin klavuz eşliğinde ameliyat sahasına adaptasyonu planlanmaktadır. Böylece daha fazla sayıda alet ile ameliyatların gerçekleştirilmesine imkan tanıyacaktır. Cerrahları açık cerrahideki gibi alet sayısı konusunda sınırlama olmaksızın çalışabilmesi sağlanacaktır. Aletlerin başlık kısımların yaklaşık 5 mm iken, gövde kısımları 1-2 mm kalınlıktadır. Sonuç olarak aynı oluktan sıra ile birden fazla başlık geçerek, toplamda daha fazla sayıda el aletinin vücuda adaptasyonu mümkün hale gelmektedir. Da vinci robot bilindiği gibi ameliyat masasından farklı bir alanda konumlanmış bir kumanda ünitesi üzerinden ameliyatı gerçekleştirir. Tasarımımızda kumanda masası ameliyat masasının yanına yerleştirilmiştir. Böylece hem cerrahın hastanın yanında olması, vital bulgularını daha yakından takip etmesini, hem de aletlerin kullanılmasında yardımcı personelin de ameliyata katılmasını sağlanabilecektir.

Tasarladığımız sistemin Laparoskopi, Robotic cerrahi ve Notes cerrahide uygulanabilecek bir tasarım olup, görüntüleme ve haptik sistemlerin eklenmesi ile ileri teknolojilere temel teşkil etmesi beklenmektedir. Projenin gerçekleştirilmesi sonrasında;

Batın içerisinde yapılan operasyonlarda trokar sayısının azalması.(Alet için ayrıca torkar kullanımına gerek kalmaması.)Reusable kullanımda 316 L çelik esaslı malzeme ve yüksek dayanımlı silikon kullanıldığı için Fiziksel yöntemlerle yapılacak olan sterilizasyonlara daha dayanıklı olması.Vücut içinde ve vücut dışında kalan malzemelerde değişik malzeme kombinasyonları deneme imkanı vermesi.

**Anahtar Kelimeler:** Laparoskopik el aletleri, daha az travma, güvenli ameliyat  
Bilim Kod / Kodları : 91406, 91407, 91421, 91439 Sayfa Sayısı : 56

## **ABSTRACT**

**LAPAROSCOPIC SURGICAL INSTRUMENT DESIGN  
MSC THESIS  
KAZIM ALIŐKAN  
BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
MECHANICAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. FUAT TAN )**

**BALIKESİR, JUNE - 2023**

With the advancement of technology, surgeries are now performed with less invasive methods. closed surgeries (laparoscopy) are operations by creating potential spaces in the body cavities and performing small incisions with the help of appropriate surgical hand tools, accompanied by a camera. with the surgical system we designed, it is aimed to investigate the solutions to the problems encountered in laparoscopic surgery, robotic surgery and notes surgery. these problems can be listed as creating smaller incisions, infection control, working with a large number of instruments and working ergonomically. in our design, it is planned to adapt more than one instrument from one entrance to the operating field with guidance. thus, it will allow to perform surgeries with a larger number of instruments. it will be ensured that surgeons can work without limitations on the number of instruments as in open surgery. while the head parts of the instruments are about 5 mm, the body parts are 1-2 mm thick. as a result, more than one head passes through the same groove alternately, making it possible to adapt a larger number of hand tools to the body in total. as it is known, the da vinci robot performs the operation via a control unit located in a different area from the operating table. in our design, the control table is placed next to the operating table. thus, it will be possible for the surgeon to be with the patient, to monitor the vital signs more closely, and to participate in the operation of the assistant personnel in the use of the instruments. The system we have designed is a design that can be applied in laparoscopy, robotic surgery and notes surgery, and it is expected to form the basis of advanced technologies with the addition of imaging and haptic systems. if mass production is started after the realization of the project, it is aimed that the endoscopic system we designed will add high added value to our country due to its features such as being domestically produced, reducing the length of hospital stay, causing fewer complications, and providing an early return to work.

**Keywords:** Laparoscopic hand instruments, less trauma, safe surgery

Science Code / Codes : 91406, 91407, 91421, 91439

Page Number : 56

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Laparoskopi.....	3
1.1.1 Klasik Laparoskopik Cerrahi: .....	8
1.1.2 Tek İnsizyondan Uygulanan Laparoskopik Cerrahi .....	9
1.1.3 Spider Cerrahi Sistemi .....	9
1.1.4 Robotik Cerrahi.....	9
1.1.5 Perkutan Cerrahi Seti: .....	10
1.2 Türkiye’de Laparoskopi.....	11
1.3 Laparoskoplar .....	12
1.4 Laparoskopik Cerrahi Aletleri .....	13
1.4.1 Laparoskopik giriş ve insüflasyon .....	15
1.4.2 Teleskop .....	16
1.4.3 Uterin kanül.....	16
1.4.4 Işık kaynağı .....	17
1.4.5 Aspirasyon İrrigasyon .....	17
1.4.6 Forseps .....	17
1.4.7 İğne Tutucu .....	18
1.4.8 Retraktör.....	18
1.4.9 Klip Atıcı.....	18
1.4.10 Laparoskopik Makaslar .....	19
1.4.11 Tutucu aletler (Grasper).....	21
<b>2. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>23</b>
2.1 Tasarımın parçaları .....	30
2.2 Tasarımın uygulanma biçimi .....	30
2.3 Tasarımımızın Özellikleri ve Açıklaması .....	31
2.4 Tasarım .....	33
2.5 Alternatif Tasarım (B Planı): .....	34
2.6 İmalat Yöntemleri .....	34
2.7 Biyomalzemeler .....	35
2.7.1 Paslanmaz Çelik 316L.....	35
2.7.2 Titanyum .....	37
2.7.3 Nitinol .....	37
2.7.4 Polimerler.....	38
2.8 Trokar ve El Aleti Gövde Bölümü Üretimi .....	38
<b>3. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>39</b>

3.1 Tasarımın Uygulama Biçimi.....	39
3.1.1 Rutin Uygulama .....	39
3.1.2 Alternatif Uygulama Biçimi.....	39
3.2 Trokar ve El Aleti Gövdesinin Prototip Üretimi.....	40
3.3 El Aleti ve Visseral Koruyucu Aparatın Prototip Üretilmesi .....	41
3.4 Tasarımımızın Özellikleri .....	43
3.4.1 Küçük İnsizyon Oluşturabilme .....	43
3.4.2 Ergonomik Tasarım.....	44
3.4.3 Kolay Uygulanabilirlik.....	44
3.4.4 Maliyet .....	44
3.4.5 Visseral Organların Korunması.....	44
3.4.6 Kozmetik Görünüm.....	45
<b>4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....</b>	<b>45</b>
<b>5. KAYNAKLAR (APA) .....</b>	<b>49</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>54</b>
EK A: Laparoskopik Cerrahi Alet Tasarımı Görüntüleri .....	54
EK B: Açıklama .....	55
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>56</b>

# ŞEKİL LİSTESİ

## Sayfa

Şekil 1.1: Geçmişten günümüze cerrahinin gelişimi.....	8
Şekil 1.2: Veress .....	15
Şekil 1.3: Hasson.....	15
Şekil 1.4: Trokarlar .....	15
Şekil 1.5: Teleskop.....	16
Şekil 1.6: Uterin kanül .....	16
Şekil 1.7: Uterin kanül .....	16
Şekil 1.8: Aspirasyon irrigasyon.....	16
Şekil 1.9: Forseps .....	17
Şekil 1.10: Forseps .....	17
Şekil 1.11: İğne tutucu .....	17
Şekil 1.12: İğne tutucu .....	17
Şekil 1.13: Retraktör .....	17
Şekil 1.14: Klip atıcı .....	18
Şekil 1.15: Laparoskopik makas .....	19
Şekil 1.16: Tutucu alet (Grasper) .....	21
Şekil 2.1: Tasarladığımız cerrahi alet tüm parçalar .....	24
Şekil 2.2: Tasarladığımız cerrahi alet'in vücut dışındaki bölümleri.....	24
Şekil 2.3: Tasarladığımız cerrahi alet'in vücut içindeki bölümleri (uzatıcı kapatılmış halde iken) .....	25
Şekil 2.4: Yönlendirici'nin uç kısmının yönünü değiştirmesi .....	25
Şekil 2.5: El kumandasındaki hareketin, el aleti gövdesine (vücut içi) iletilmesi .....	26
Şekil 2.6: Çok sayıda mobil kumanda ünitesi cerrahi masa üzerinde.....	26
Şekil 2.7: Trokarın ve peruktan askı aparatlarının batına yerleştirilmesi .....	27
Şekil 2.8: Klavuz'un üzerinden uc, taşıyıcı, yönlendirici ve uzatıcının vücut içine yerleştirilmesi .....	27
Şekil 2.9: Klavuz tel üzerinde iken yönlendiricinin uzatıcıyı uygun pozisyona getirmesi. ....	28
Şekil 2.10: Klavuz tel üzerine ikinci ve diğer aletlerin yerleştirilmesi ve uygun .....	24
Şekil 2.11: Tasarladığımız cerrahi alet tüm parçalar .....	24
Şekil 2.12: Genel görünüm .....	31
Şekil 2.13: Başlık ve iç gövde.....	31
Şekil 2.14: Trokar ve el aleti gövdesi.....	31
Şekil 2.15: Dış gövde ve kumanda.....	32
Şekil 2.16: Kamera ve visseral koruyucu.....	32
Şekil 2.17: Tasarım ve B planı tasarımı .....	33
Şekil 2.18: 316 L İçerikli çeşitli cerrahi araçlar .....	33
Şekil 2.19: Trokarın visseral koruyucu içerisinde adaptasyonu.....	44
Şekil 3.1: Rutin birleştirme .....	39
Şekil 3.2: Alternatif uygulama .....	40
Şekil 3.3: Küçük insizyon oluşturabilme .....	43
Şekil 4.1: Tasarım Görseli.....	45

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 2.1:</b> 316L Paslanmaz Çeliğinin Alaşım Oranları. ....	34
<b>Tablo 2.2:</b> 316 L Paslanmaz Çelik Mekanik Özellikleri. ....	35



## **SEMBOL LİSTESİ**

<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbondioksit
<b>N<sub>2</sub>O</b>	: Azot Ptotoksit
<b>O<sub>2</sub></b>	: Oksijen
<b>He</b>	: Helyum
<b>MİC</b>	: Minimal İnvaziv Cerrahi

## **ÖNSÖZ**

Bu tez çalışması süresince benden yardımlarını esirgemeyen bilgi, beceri ve tecrübeleriyle çalışmama yön veren değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Fuat TAN hocama sağlık alanında bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim Genel Cerrah Op. Dr. Batuhan HAZER'e, değerli dostum Mehmet Bilgi MEDENİ'ye, süreç içerisinde her türlü desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım ve aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

**Balıkesir, 2023**

**Kazım ÇALIŞKAN**

# 1. GİRİŞ

Minimal invaziv cerrahi (MİC), cerrahi prosedürlerin kalitesinden ödün vermeden hastada minimal travma oluşturma ile ameliyatların gerçekleştirilmesi felsefesine dayanan bir cerrahi yaklaşımdır. MİC ortopediden genel cerrahiye kadar birçok branşı kapsamaktadır ve videoskopik, radyolojik, ultrasonografik veya mr görüntüleme sistemleri üzerine kurulmuştur. Genel Cerrahi ameliyatlarında minimal invaziv cerrahi yöntemi laparoskopik cerrahidir. Laparoskopik cerrahi özetle, videoskopik görüntüleme sistemleri eşliğinde küçük insizyonlar açılarak trokar içerisinden el aletlerinin ameliyat sahasına ulaştırılması ve ameliyatların gerçekleştirilmesidir. Laparoskopinin günlük cerrahi pratiğine girmesi minimal invaziv cerrahinin gelişiminde dönüm noktası olmuştur. Laparoskopinin avantajları arasında daha erken yara iyileşmesi, erken işe dönüş, yara yeri komplikasyonlarının azalması, daha az ameliyat sonrası ağrı sayılabilir. Laparoskopik cerrahi uygulanan hastalarda sistemik immün cevabı yansıtan sitokin seviyesinin azaldığı gösterilmiştir. Cerrahi travma sonucunda katabolik fazdan anabolik faza geçiş süresi daha kısadır. Laparoskopik teknik genel cerrahi, üroloji, jinekoloji ameliyatlarında başarılı olarak kullanılmaktadır (Collinet, 2010).

Laparoskopik cerrahi, karın veya göğüs bölgesinde gerçekleştirilen ameliyatlarda, geleneksel büyük kesiler yerine ince tüplerin (trokar) birkaç ayrı noktadan vücuda yerleştirilmesi ve bu tüpler aracılığıyla sokulan aletler ve bir kamera kullanılarak yapılan bir cerrahi yöntemdir. Laparoskopik cerrahi, hızla yaygınlaşan bir cerrahi alanı olarak uygulanan bir yöntemdir (Dankelman, 2005).

Laparoskopik cerrahi, karın içini ışıklandırarak, hastalıkları veya sorunları doğrudan gözlemlene olanağı sunan ve aynı zamanda karın bölgesindeki çeşitli bölgelere erişim sağlayan 5 ila 15 mm çapında deliklere yerleştirilen yardımcı aletlerle tedavi yapma yöntemidir. Laparoskopik cerrahi, halk arasında kapalı, kansız veya bıçaksız ameliyat olarak da bilinen bir yöntemdir. Bu cerrahi prosedürde, iç organların tutulması ve hareket ettirilmesi için özel olarak tasarlanmış aletlere gereksinim duyulur. Yumuşak organlar ve dokuların tutulması, geleneksel bir tutma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. Geleneksel tutma yöntemi, organları sıkıştırarak tutmak için özel bir tutucu alet kullanmayı içerir (Visser, 2003).

1901 yılında George Kelling, canlı bir köpeğin karın boşluğunu izlemek için Nitze sistoskopunu kullanarak Laparoskopi'yi ilk kez gerçekleştirdi (Litynski, 1997). Kurt Semm tarafından, jinekolojik bir vakada, 1964 yılında laparoskopik alet ve tekniklerin daha güvenli hale gelmesiyle birlikte, ilk kez insanlarda kullanılmıştır (Sayek, 1996). Laparoskopi, günümüzde apendiks, mide, kolon, böbrek gibi karın içi organların operasyonlarında geniş çapta kullanılan bir yöntemdir.

Laparoskopik cerrahide, batın içi organları daha iyi görünür ve kolayca ulaşılabilir hale getirmek için batın ön duvarını uzaklaştırmak amacıyla pnömoperitonyum oluşturulur. Bu amaçla, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), azot protoksit (N<sub>2</sub>O), oksijen (O<sub>2</sub>), helyum (He) ve hava gibi farklı ajanlar kullanılabilir. Ancak günümüzde en yaygın kullanılan ajan CO<sub>2</sub>'dur (Rademaker, 1994).

Son 20 yılda büyük kabul gören bir teknik olan laparoskopik cerrahi, çeşitli operasyon türleri sunarak farklı alanlarda kullanılmaktadır. Tubal sterilizasyon, ektopik gebeliğin tedavi edilmesi için salpingostomi veya salpenjektomi, overyal kistektomi veya oofarektomi, endometriozis ve adezyonların tedavi edilmesi gibi jinekolojik operasyonlarda, laparoskopi altın standart olarak kabul edilen bir yöntemdir (Larsen, 2006). Laparoskopi, yöntemlerin ve araçların gelişimi sayesinde, histerektomi, pelvik taban hastalıkları, ürojinekolojik operasyonlar ve onkolojik operasyonlar gibi daha karmaşık cerrahi tedavilerde de başarıyla uygulanabilmektedir (Gor, 2003).

Laparoskopik cerrahinin etkili ve doğru bir şekilde uygulanabilmesi, geleneksel açık cerrahi yöntemlerden tamamen farklı, modern ve üstün bir psikomotor beceri gerektirmektedir (Munz, 2004). Açık cerrahide becerinin payı %25 civarında iken, laparoskopik cerrahide bu oran %75 seviyesine kadar yükselmektedir. Laparoskopik cerrahiyi başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmek için gereken beceriler arasında, iki boyutlu ekrana yansıyan üç boyutlu operasyon görüntüsüne adapte olma, derinlik algısına alışma, video-el-göz koordinasyonunu sağlama, uzun enstrümanları minimal dokunma duyusuyla kullanabilme ve daraltılmış bir operasyon alanında ameliyat yapabilme yeteneği bulunmaktadır (Aggarwal, 2006).

Laparoskopik yöntem, periton yüzeyinde ve organlarda daha az travmaya neden olduğu için postoperatif yapışıklık nadiren görülürken, stres yanıtı ve immün süpresyon daha azdır.

Laparoskopik yöntem, kozmetik açıdan avantajlıdır. Açık ameliyatta kullanılan geniş insizyonlara kıyasla, laparoskopide 3-12 mm'lik daha küçük insizyonlar kullanılır. Bu nedenle, postoperatif ağrı daha azdır. Cerrahi insizyonun diyafragmaya yakınlığı ve büyüklüğü, ağrının yoğunluğunu etkiler. Diyafragmaya yakın patolojilerin laparoskopik cerrahi ile tedavi edilmesi, insizyonun diyafragmadan uzaklaşmasını ve küçülmesini sağlar. Ayrıca, diyafragmaya yakın kitleler, doku ve organlar laparoskopik olarak pelvise indirildikten sonra, diyafragmadan çok uzak bir insizyonla karın dışına alınabilir, bu da ağrının azalmasına katkı sağlar (Tander, 2014).

### **1.1 Laparoskopi**

Geleneksel olarak, abdominal cilt bistüri ile kesilerek, keskin bir trokar veya kanül kullanılarak abdomenin hava veya gaz ile şişirilmesi (pnömoperitoneum) sağlanır ve ardından trokar çıkarılarak aydınlatılmış bir teleskop yerleştirilerek abdominal kavite görüntülenir. İnsanlarda ilk laparoskopi, 1910 yılında İsveç'te Jacobeus tarafından gerçekleştirilmiştir (Harrell, 2005). 1947 yılında Fransadan Rauol, veres iğnesi kullanarak CO<sub>2</sub> ile pnömoperitoneum oluşturmayı başarmış ve 250 olgu üzerinde bu yöntemin güvenli bir şekilde uygulanabileceğini belirtmiştir (Bozkurt, 2013). Ancak gerçek anlamda ilk laparoskopik cerrahi, 1987 yılında Philippe Mouret tarafından gerçekleştirilen laparoskopik kolesistektomidir. Pnömoperitoneum aşaması, laparoskopik cerrahide en önemli aşamalardan biridir ve çoğu komplikasyon bu aşamayla ilişkilidir. Veres iğnesinin laparoskopik giriş sırasında kullanımı dünya genelinde yaygınlaşmış ve buna karşılık primer trokar girişi önemli ölçüde azalmıştır (Collinet, 2010). Veres iğnesinin yaygın kullanımı, abdominal duvarın kaldırılarak veya kaldırılmadan, mid-sagittal planda umbilikal alandan yerleştirilmesi şeklindedir. Ancak hastanın bilinen periumbilikal adezyonu olması, adezyondan şüphelenilmesi veya 3 deneme sonrasında girişimin başarısız olması durumunda alternatif bölgelerden giriş yapılması önerilmektedir (Brill, 2003).

Minimal invaziv cerrahi (MİC), cerrahi prosedürlerin kalitesinden ödün vermeden hastada minimal travma oluşturma ile ameliyatların gerçekleştirilmesi felsefesine dayanan bir cerrahi yaklaşımdır. MİC ortopediden genel cerrahiye kadar birçok branşı kapsamaktadır ve videoskopik, radyolojik, ultrasonografik veya mr görüntüleme sistemleri üzerine kurulmuştur. Genel Cerrahi ameliyatlarında minimal invaziv cerrahi yöntemi laparoskopik cerrahidir. Laparoskopik cerrahi özetle, videoskopik görüntüleme sistemleri eşliğinde küçük insizyonlar açılarak trokar içerisinden el aletlerinin ameliyat sahasına ulaştırılması

ve ameliyatların gerçekleştirilmesidir (Hardon,2019). Laparoskopi'nin günlük cerrahi pratiğine girmesi minimal invaziv cerrahinin gelişiminde dönüm noktası olmuştur. Laparoskopinin avantajları arasında daha erken yara iyileşmesi, erken işe dönüş, yara yeri komplikasyonlarının azalması, daha az ameliyat sonrası ağrı sayılabilir. laparoskopik cerrahi uygulanan hastalarda sistemik immün cevabı yansıtan sitokin seviyesinin azaldığı gösterilmiştir. cerrahi travma sonucunda katabolik fazdan anabolik faza geçiş süresi daha kısadır. Laparoskopik teknik genel cerrahi, üroloji, jinekoloji ameliyatlarında başarılı olarak kullanılmaktadır (Madec, 2020).

Trokar üzerinden bir kamera (laparoskop) karın boşluğuna sokulur ve görüntüler bir monitöre yansıtılır. Cerrah, bu görüntülerle birlikte cerrahi aletleri kullanarak ameliyatı gerçekleştirir.Laparoskopik cerrahi, bir dizi farklı prosedürde kullanılabilir. Örnek olarak, apandektomi (apandisit ameliyatı), kolesistektomi (safra kesesi ameliyatı), herni onarımı, endometriozis tedavisi, kısırlık tedavisi ve bazı kanser türlerinin cerrahi tedavisi sayılabilir (Veelen, 1999).

Laparoskopik cerrahi, birkaç avantaja sahiptir. Bunlar arasında daha küçük kesilerin kullanılması, daha az ağrı, daha az kan kaybı, daha az doku hasarı, daha hızlı iyileşme, daha kısa hastanede kalış süresi ve daha az ameliyat sonrası komplikasyon riskinin bulunması yer alır. Ayrıca, kozmetik açıdan da avantaj sağlar, çünkü daha az belirgin yara izleri bırakır. Ancak laparoskopik cerrahi her zaman uygulanamayabilir. Özellikle karmaşık vakalarda veya cerrahi müdahalenin zor olduğu durumlarda açık cerrahi tercih edilebilir. Laparoskopik cerrahi için uygun olup olmadığınızı belirlemek için doktorunuzla konuşmanız önemlidir. Yine de, laparoskopik cerrahi, birçok hastanın tercih ettiği bir yöntemdir çünkü avantajları daha fazla kabul görmektedir. Ancak her cerrahi müdahalede olduğu gibi, laparoskopik cerrahi de riskleri içerir ve komplikasyonlar gelişebilir. Bu nedenle, ameliyat süreci ve riskleri hakkında tam bir anlayışa sahip olmanız ve cerrahinizin talimatlarını takip etmeniz önemlidir (Veelen, 1999).

Teknolojinin ilerlemesi ile ameliyatlar artık daha az invaziv yöntemler ile yapılır hale gelmiştir. Kapalı ameliyatları (laparoskopi), vücut boşluklarında potansiyel boşluk oluşturularak ve küçük kesilerden kamera eşliğinde uygun cerrahi el aletlerinin yardımıyla ameliyatların gerçekleştirilmesidir. Robotik cerrahinin gelişmesi ile beraber laparoskopik cerrahinin uygulama alanı genişlemiş, kompleks ve zor ameliyatların rahatlıkla yapılabilmesine imkan tanımıştır. Ayrıca vücutta yara açılmadan doğal yollardan

uygulanan cerrahi yöntemler de (Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery, NOTES) artık deneysel olarak araştırılmaktadır (Umut, 2009).

Antisepsi 1860 larda cerrahi pratiğine girmiştir. Böylece pekçok cerrahi işlem açık cerrahi yöntemleri ile uygulanmaya başlamıştır. Daha sonra fiberoptik endoskopik sistemlerin keşfedilmesi ile beraber 1980 lerde laparoskopik cerrahi uygulanmaya başlamıştır. Tüm bu süreçte laparoskopik cerrahi cerrahların daha az travma ile cerrahi uygulama isteklerinin gerçekleşmesini sağlamıştır. Çünkü cerrahi pratiği yapan her hekim hastasını mümkün ise cerrahi olmadan, değil ise hastasını daha az travma ile tedavi etmek ister. Bu konuda laparoskopi en önemli köşe taşıdır. Çünkü o günlerde pek çok cerrah tarafından fantastik, güzel bir hayal olarak değerlendirilen kamera eşliğinde çubuk benzeri aletler yardımıyla ameliyatları gerçekleştirme fikri, bugün rutin olarak uygulanan, hatta kolesistektomi gibi bazı ameliyatlarda altın standart haline gelmiştir. Ancak daha iyiye ulaşma ve mükemmel ulaşma isteği, laparoskopinin günlük kullanıma girmesinden sonra da laparoskopiyi nasıl daha da ilerletebiliriz sorusuna yanıt aranmasına sebep olmuştur. Tüm bunların sonucu olarak ilk önce uzaktan laparoskopik aletlerin kumanda edilmesini sağlayan ve aletlerin hareket kabiliyetlerini arttıran da vinci robotik sistemi geliştirilmiştir. Da vinci sistemi temel olarak laparoskopinin prensiplerini uygulamakla birlikte kamera görüntüsünün 3 boyutlu olması, dokunma ve his duygusunu iletmesi, el aletlerinin manuplasyonunu ileri derecede arttırmıştır (Onen, 2014).

Klasik Da vinci robotundan sonra tek insizyondan uygulanan da vinci robotu kullanıma girmiştir. Klasik da vinci ile benzer özelliklere sahip olmakla birlikte farkı tüm aletlerin umbilikus hizasından batına adapte edilmesidir. Da vinci robotları halen rutin pratikte kullanılmaktadır. Özellikle ürolojik cerrahide derin pelvis gibi dar bir alanda çalışılması gereken branşlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kalp damar cerrahisi, jinekoloji ve genel cerrahi ameliyatlarında da tercih edilmektedir. Da vince'den bir sonraki adım olarak doğal yollardan uygulanabilecek cerrahi sistemleridir. Bu sistemlerin en son geliştirileni Anubiscope™ dir. Bu sistemde kameranın etrafına yerleştirilmiş olan cerrahi uçlar, doğal açıklıklardan batına girildikten sonra belirli bir açılanma göstererek cerrahi işlemi gerçekleştirirler. Bu sistem ile ilk olarak kolesistektomi Dallemagne B ve ekibi tarafından 2013 yılında gerçekleştirilmiştir (Dallemagne, 2018).

Da vinci robotik cerrahi sistemi halen minimal invaziv cerrahide yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıklıkla ürolojik ve kalp damar cerrahide kullanılmakla beraber tüm cerrahi branşlarda yer bulmuştur. Literatür incelendiğinde Novara G ve ark yaptıkları 105 yayını içeren bir review da robot yardımlı radikal sistektomi ameliyatlarında peroperatif kanama miktarının daha az olmakla beraber komplikasyonların açık cerrahiye göre daha fazla olduğu belirtilmiştir. Weiss DA ve ark robotik olarak yaptıkları üreter reimplantasyon ameliyatlarında robotik cerrahinin ince cerrahi hareketleri kolaylaştırdığını ve böylece ameliyatları daha kolay gerçekleştirebildiklerini belirtmişlerdir. Reddy MN ve ark. Laparoskopik ve robotik teknik ile yaptıkları piyeloplasti ameliyatlarını karşılaştırmışlar ve robotik cerrahinin daha üstün olduğunu ancak maliyet nedeni ile laparoskopinin de iyi bir seçenek olduklarını belirtmişlerdir. Müller S ve ark prostat kanseri nedeniyle yapılam radikal prostatektomi ameliyatlarında robotik cerrahinin geleceğin cerrahi tekniği olduğunu ifade etmişlerdir .Hanssens S ve ar. Robotik cerrahi ile yaptıkları endometriosis olgularında daha az peroperatif kanama, ameliyat süresinin kısaldığını ve komplikasyonların azaldığını saptamışlar.

Gibber M1 ve ark kolostomili hastalarda robotik cerrahi ile coroner anjioplasti operasyonu uygulamışlar ve robotik cerrahinin cerrahi alan enfeksiyon riski olan hastalarda tercih edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Butturini G ve ark. yaptıkları prospektif nonrandomize tek merkezli çalışmada laparoskop ve robotik cerrahi distal pankreatektomi ameliyatlarında karşılaştırılmışlar ve robotik cerrahinin laparoskopiye üstünlüğünü görmediklerini belirtmişlerdir. Pluchino N ve ark tek insizyondan robotik olarak yaptıkları kombine kolesistektomi ve histerektomi serilerinde robotik cerrahinin geliştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Minimal invaziv kalp cerrahisi hızlı iyileşme, daha az ağrı, kısa hastane sürede kalış süresi ve daha iyi kozmetik sonuçları nedeni ile giderek artan bir önem ve değer kazanmaktadır. Bu bağlamda son yıllarda önce videoendoskopik takiben de robotik kalp cerrahisi giderek önem ve yaygınlık kazanmaktadır. Günümüzde pek çok kalp cerrahisi prosedürleri robot kullanımı ile başarı ile gerçekleştirilebilmektedir. Burada teknolojinin hızlı gelişimi ve cerrahların da tutucu tavırlarından hızla vazgeçebilme yetisine kavuşması da çok önemlidir. Robotik cerrahi kalp ve damar cerrahisinde ilk önceleri anatomik lokalizasyonları tanıma ve basit girişimler için kullanıldı.



Daha sonra kalp cerrahisinde daha komplike işlemlerde kullanılabilmesi üzerinde yoğun bir ilgi oluşmaya başladı. Bu çalışmalar ilk olarak kalp boşluklarına tam kapalı yöntemlerle pek mümkün olmadığı için koroner baypas ameliyatlarının robotik olarak yapılmasına yönüldü. Koroner baypasın robot yardımı ile yapılabilirliği giderek kapak ameliyatlarının da robot yardımı ile yapılabilirliğini olası kıldı. Özellikle de mitral kapak en fazla ilgiyi topladı.

Kalp cerrahisinin en önemli konularından birisi olan konjenital kalp cerrahisinin robot yardımı ile yapılması da ilgi konusu oldu. Teknolojinin ilerlemesi kalp cerrahisinin pek çok ameliyatlarının tamamen robot kullanımı ile yapılması olası oldu.

Kalp cerrahisinin önemli konularından birisi de aritmi cerrahisidir. Önceleri kompleks intrakardiyak cerrahi ile aritmiler düzeltilmeye çalışılırken daha sonraları ablasyon yöntemini bulunması minimal invaziv olarak çok başarılı sonuçlar verdi. Robotik cerrahinin özellikle kalbin açılmasının gerekmediği kardiyak operasyonlarda özellikle de atrial fibrilasyonun epikardiyal ablasyonunda kullanılması mümkün oldu. Bu minimal invazivlik robotun pediatrik kalp cerrahisinde kullanılmasını da getirdi. Robot kullanımının çok yaygınlaşması ve başarı ile kullanılması kurşun içerikli kalp pili yerleştirilmesi gibi girişimlerde de kullanılır hale geldi.

Robotik aletlerin küçülmesi ve hareket yeteneklerinin artırılması artık infantlarda bile robot kullanımını olası hale getirmiştir. Kalp cerrahisinde de giderek artan bir şekilde çok daha kompleks kardiyak patolojilerde kullanılmaya başlandı.

Son yıllarda kalp kapak onarımı kalp cerrahisinin en önemli konularından biri haline geldi. Bununla beraber bu kompleks onarımlarda robot kullanımı da cerrahideki yerini aldı.

Kalp yetmezliğinin giderek artması nakil hastalarının sayısının çok artması ve donör zorluğu kalıcı yada bridge asist device implantasyonu giderek artmaktadır. Bu alanda da robot kullanılmaya başlandı. Bu yaygın robot kullanımı artık maliyet analizlerinde de kendine yer bulmaya başladı. Günümüzde robotların kalp cerrahisinde giderek artan yaygınlıkta kullanılması kalp cerrahisinin temel eğitimi planlamalarında da yerini aldı.



**Şekil 1.1.** Geçmişten günümüze cerrahinin gelişimi. (A.Diodato,M.Brancadoro-2018)

### 1.1.1 Klasik Laparoskopik Cerrahi:

Laparoskopik teknik ayrıca kolesistektomi gibi derin abdomen yapılarında çalışılması gerektiğinde daha iyi görüş açısı sağlar. Özellikle kolesistektomi ameliyatlarında yaygın olarak kullanılmaktadır ve altın standart olarak değerlendirilmiştir. Hiatus hernisi olgularında da laparoskopik teknik yaklaşık 25 yıldan beri kullanılmaktadır ve uzun dönem takipler sonucunda başarılı olduğu gözlenmiştir. İnguinal herni onarımında da laparoskopik teknik ile daha kısa hastanede yatış süresi, erken işe dönüş, daha az üriner ve postoperatif komplikasyon saptanmıştır. Laparoskopik teknik kolon kanseri olgularında da kullanılmakta ve açık tekniğe göre daha başarılı sonuçlar alınmaktadır (Larsen, 2006) .

Klasik laparoskopide her bir alet ve kamera için genellikle 3-15 mm boyutlarında olan insizyonlar oluşturulur. Bu insizyonlar kullanılarak El aleti veya kameranın büyüklüğüne göre trokar isimli aletler yardımıyla batına yerleştirilir, el aletlerinin uç kısımları bu trokarlar içerisinden batına adapte edilir, vücut dışındaki kumanda bölümü kullanılarak ameliyatlar gerçekleştirilir. Böylece açık cerrahi gibi büyük insizyonlar uygulanmasına gerek kalmaz. Daha küçük insizyon; daha çabuk iyileşme, daha erken işe dönüş, daha az komplikasyon ve daha az ağrı anlamına gelmektedir (Madec, 2020).

Laparoskopik cerrahi jinekoonkolojik cerrahi de de yer bulmuştur. Geetha ve ark. (2009), Yaptıkları sistematik derleme çalışmasında servikal kanserli olgularda laparoskopik ve robotik cerrahi tekniklerinin güvenle uygulanabileceğini değerlendirmişlerdir. Webb KE ve ark (1975), gebelik sırasında saptanan adneksiyal kitlelerde laparoskopinin kullanımının tanısal işlemleri kolaylaştırdığını ortaya koymuşlardır . Ürolojik cerrahide laparoskopik

teknik ile parsiyel, total nefrektomi, radikal sistektomi ve diğer ameliyatlar başarılı olarak uygulanmaktadır.

### **1.1.2 Tek İnsizyondan Uygulanan Laparoskopik Cerrahi**

Klasik laparoskopiden sonra geliştirilen tekniklerden birisi ise tek insizyondan uygulanan laparoskopik cerrahidir (SINGLE INCISION LAPAROSCOPIC SURGERY, SILS). Bu tekniğin temel avantajı kozmetik görünümdür. Tek insizyondan uygulanan teknikte tüm cerrahi aletler ve kamera umbilikus üzerine yapılan 3-4 cm'lik insizyondan vücuda yerleştirilmiştir. İlk tek delikten uygulanan laparoskopik cerrahi 1997 yılında Navarra tarafından uygulanmıştır . Bu uygulamadan sonra hızlı bir şekilde değişik sayı ve şekillerde laparoskopik alet çeşitleri ve teknikleri geliştirilmiştir. Ancak tek insizyondan cerrahinin çeşitli kısıtlamaları mevcuttur. Bunlar aletlerin kıvrılmasında karşılaşılan zorluklar, görüntüleme kısıtlılıkları, karşı el ile çalışma zorunluluğu ve aletlerin vücut içi ve dışı çalışma zorluğudur. Son 5 yıl içerisinde bu zorlukları aşmak için önceden kıvrılmış el aletleri ve fleksible artikülasyon yapabilen çeşitli ticari aletler geliştirilmiştir (DesCôteaux, 1998).

### **1.1.3 Spider Cerrahi Sistemi**

El aletlerinin çakışmasını engellemek amacıyla üretilen sistemlerden birisi ise spider surgical sistemidir. Bu sistemde tek insizyondan rijid iki adet fleksible iki adet port içerisine yerleştirilmiş ve ameliyat sırasında kamera ve ekartasyon aleti rijit port vasıtasıyla, disseksiyon ise fleksible portlar vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Spider sistemin getirdiği en önemli avantaj ters el ile çalışma zorluğunun aşılmasıdır (Peters, 2018).

### **1.1.4 Robotik Cerrahi**

Robotik cerrahinin avantajlarından birisi de klasik laparoskopiye hareket serbestiyeti kazandırmasıdır. Ayrıca görüntü kalitesi artmış ve özellikle 3 boyutlu görüntü sistemleri kullanıma girmiştir. Robotik cerrahi özellikle üroloji gibi dar alanda çalışma gerektiren cerrahi braşlarda kullanım alanı bulmuştur. Tek insizyondan yapılan cerrahiye büyük ilgi duyulması nedeniyle robotik cerrahinin tek insizyon cerrahiye adaptasyonunu sağlayan da vinci single site surgical sistem üretilmiştir. Yukarıda bahsettiğimiz sorunların aşılması konusunda robotik cerrahinin faydalı olabileceği düşünülmüştür. Gerçekten de robotik da vinci single port sistemi ile çapraz el ile çalışma sorunu aşılmıştır. Bu teknikte de sıls gibi

aletler aynı insizyon içerisinden geçirilmiştir. Dolayısıyla fazla alet kullanma ihtiyacı gerekmesi halinde insizyon sayısı artmaktadır.

Gelişmekte olan teknolojilerden birisi de snake robottur. Bu sistem de de uçlar kameranın kenarlarından ilerleyerek açılanma göstererek ameliyatı gerçekleştirmektedir. Ayrıca kamera kenarlarından uçların ilerletilmesi nedeniyle kullanılacak alet sayısı da kısıtlı olmaktadır. Yine çok sayıda alet ile çalışılması gerektiğinde daha büyük insizyon açma ihtiyacı olacaktır (Peters, 2018).

### **1.1.5 Perkutan Cerrahi Seti:**

Bir diğer minimal invaziv laparoskopik sistemi ise Percutaneous Surgical Set, Ethicon Endo surgery, (Cincinnati, OH, USA )dir. Bu sistemde magnetic kamera sistemi kullanılarak 3mm'lik shaft üzerine 5 ve 10 mm'lik alet uçları yerleştirilerek cerrahi işlemlerin gerçekleştirilmesidir. Böylece umbilicus üzerindeki 10 mm'lik insizyon ve diğer trocar yerlerindeki 3mm'lik insizyon lar ile ameliyatlar gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemdeki dezavantajlar magnetik kamera ile çalışma zorluğu ve cerrahi disseksiyon sırasında distal uçların yerinden oynamasıdır (Uysal, 2021).

### **Laparoskopik Cerrahi ;**

#### **Avantajları:**

- Daha az ağrı: Küçük kesiler ve daha az doku hasarı, ameliyat sonrası ağrıyı azaltır.
- Daha az kan kaybı: Trokarlar aracılığıyla minimal kanama sağlanır.
- Daha az yara izi: Küçük kesiler, daha az belirgin yara izleri bırakır.
- Daha hızlı iyileşme: Laparoskopik cerrahi sonrası hastalar genellikle daha hızlı iyileşir ve normal günlük aktivitelere daha çabuk dönebilir.
- Daha kısa hastanede kalış süresi: Laparoskopik cerrahi sonrası hastalar genellikle daha kısa süreyle hastanede kalır.
- Daha az ameliyat sonrası komplikasyon: Laparoskopik cerrahi, açık cerrahiye kıyasla genellikle daha az ameliyat sonrası komplikasyon riski taşır.

**Laparoskopik Cerrahiye Uygun Olan Durumlar:** Laparoskopik cerrahi birçok farklı durumda uygulanabilir. Bunlara apandisit, safra kesesi taşı veya enfeksiyonları, bağırsak tıkanıklığı, endometriozis, rahim fibroidleri, kısırlık sorunları, barsak veya mide ülseri tedavisi, böbrek veya mesane ameliyatları dahildir. Ancak her durumda laparoskopik cerrahi uygun olmayabilir ve cerrahınızın tavsiyesine bağlı olarak açık cerrahi gerekebilir.

## 1.2 Türkiye’de Laparoskopi

Laparoskopinin ilk uygulamalarının gerçekleştirildiği yer, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı'dır. 1967 yılında Belçikalı Prof. Dr. Habinot ve Prof. Dr. Hüsnü Kişnişci tarafından yapılan bu ilk uygulamalar, jinekolojik laparoskopi alanında önemli bir adımdır. Dr. Tekin Durukan ise 1969-1970 yıllarında jinekolojik laparoskopi üzerine bir tez hazırlamıştır. Türkiye’de ise 1992 yılında aynı anabilim dalında Timur Gürkan ve ekibi tarafından gerçekleştirilen ilk laparoskopik histerektomi uygulaması yapılmış ve sonuçları yayınlanmıştır.

Gülhane Askeri Tıp Akademisi’nde 1972 yılında Prof. Dr. Cemalettin Akyürek ve ekibi tarafından laparoskopiyle ilgili çalışmalara başlanmış ve bu dönemde yapılan laparoskopik operasyonların sonuçlarıyla ilgili değerli bilgiler içeren yazılar, yayınlanmıştır. Türkiye’de ise operatif histeroskopi uygulamaları ilk kez 1987 yılında GATA Kadın Doğum Kliniği’nde başlamış olup, aynı yıl Prof. Dr. Recai Pabuçcu ve ekibi tarafından ülkemizde ilk histeroskopik uterin septum rezeksiyonu gerçekleştirilmiştir.

1975 yılında Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi’nde, Prof. Dr. Mazhar Ülker’in denetiminde Dr. Demir Özbaşar ve Dr. Veli Seçkinerdem tarafından ilk endoskopi uygulamaları gerçekleştirilmiştir. İlk işlemlerden biri, aynı yıl içinde tek kanal ve tek optik sistem kullanılarak gerçekleştirilen wedge rezeksiyon cerrahisidir. Bu işlemde monopolar elektrobisturi kullanılmıştır.

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Kadın Hastalıkları ve Doğum Anabilim Dalı, laparoskopiyle ilgili ilk çalışmalarını 1972 yılında başlatmıştır. Laparoskopik GİFT (Gebelik İçi Dölllenme ve Transfer) uygulaması ise 1990 yılında Mehmet İdil tarafından gerçekleştirilmiştir. Dr. Kılıç Aydın ve Dr. Tamer Erel, operatif laparoskopi alanındaki çalışmalarına devam etmiş ve 1997 yılında aynı anabilim dalında LAVH (Laparoskopik-

Assiste Vajinal Histerektomi) operasyonunu Dr. Tamer Erel ve Dr. Selçuk Erez tarafından gerçekleştirilmiştir (Hassa, 2004).

Johns Hopkins Üniversitesi (ABD) Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması (AÇSAP) Genel Müdürlüğü ile ortak çalışmaları içeren JHPİGO-projesi, 1979 yılından itibaren başlatılmış ve Türkiye genelindeki üniversiteler, doğum evleri ve SSK Hastaneleri tarafından tanısallaparoskopivetüp ligasyonu uygulamalarının yaygınlaştırılmasında yoğun bir şekilde devam etmiştir (Göney, 1994).

### **1.3 Laparoskoplar**

Hopkins tarafından 1952 yılında geliştirilen rijit ve yuvarlak çubuk şeklindeki lens sistemine sahip laparoskoplar, bugün hala en yaygın kullanılan laparoskop çeşitleri arasındadır. Bu tür laparoskoplar, ilk kez kullanılmaya başlandıkları tarihten itibaren farklı boyutlarda ve açılarda görüş sağlayabilen birçok farklı laparoskop üretilmiştir. Minyatür laparoskoplar, 5 mm'den küçük olan modeller olarak adlandırılmaktadır ve güçlü bir ışık kaynağı ve iyi bir video görüntü sistemine entegre edildiklerinde biyopsi alınması, adezyonların giderilmesi ve stoma oluşturulması gibi sınırlı girişimlerde faydalı olabilirler. Laparoskoplar, açılına bağlı olarak değerlendirildiğinde, düz (0°) laparoskoplar daha sezgisel bir görüntü sağlasada, oblik görüşlü (30°) laparoskoplar özellikle splenik fleksura ve pelvis gibi daha derin ve sabit bölgelerde düz laparoskoplara kıyasla daha iyi bir görüş sağlayabilir (Williamson, 2022).

Bugün çeşitli modelleri bulunan üç boyutlu (3-D) görüntü sistemleri, bazı cerrahlar tarafından teorik olarak avantajları olduğunu savundukları sistemlerdir. 3-D laparoskopik sistemler, farklı mekanizmalarla işlenerek her bir göz tarafından algılanan imajlarla stereoskopik bir görüntü oluşturarak derinlik algısı sağlar. Bu üç boyutlu görüntüler, özel kaplamalı gözlükler veya başa uyumlu özel olarak tasarlanmış başlıklar kullanılarak video monitörlerde görülebilir. Üç boyutlu görüntü kullanımı, laparoskopik girişimlerde dikkat ve bütünlük performansında belirgin bir artış sağlasada, henüz zaman açısından bir avantaj elde edilememiştir. Bunun yanı sıra, üç boyutlu görüntü sistemlerinin tamamı, cerrahların başarılarını laboratuvar ortamında artırmakta, ancak laparoskopik cerrahideki etkin rolü henüz kanıtlanmamıştır. Ayrıca, bu sistemlerin çözünürlük, aydınlatma kalitesi ve kullanım kolaylığının artırılması için hala daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Williamson, 2022).

#### 1.4 Laparoskopik Cerrahi Aletleri

Günümüzde laparoskopide kullanılan neredeyse tüm aletler, laparotomide kullanılan aletlere benzerlik gösterir. Ancak, bu aletlerin özel ekipmanlarla donatılması gerekmektedir, çünkü giriş deliklerine yerleşebilmek ve pelvise ulaşabilmek için belirli bir uzunluğa sahip olmaları gerekmektedir. Bu aletlerin büyük bir kısmı, yeniden kullanılabilir, tek kullanımlık veya hibrit (bir kısmı tek kullanımlık, bir kısmı yeniden kullanılabilir) seçeneklere sahiptir. Tek kullanımlık aletler genellikle daha ekonomik olup her zaman keskin ve kesici kenarlara sahiptir. Ayrıca, laparotomi aletlerinin kullanımı küçük alanlarda da sıkça gereklilik arz etmektedir. Bazı durumlarda ise operatörün eliyle batına girmesi gereken teknikler uygulanmaktadır (Ertem, 2006).

Minimal invaziv cerrahinin temel felsefesi daha az travma ile ameliyatları gerçekleştirmektir. Klasik laparoskopik cerrahi yanısıra yukarıda bahsedilen yeni cerrahi tekniklerde uygun cerrahi el aleti varyasyonları da geliştirilmektedir. tüm bu teknikler, görüntüleme eşliğinde açık cerrahi prosedürlerde yapılan işlemlerin adaptasyonudur. Açık cerrahide cerrah, gözü ve iki elini kullanarak, vücuduna uygun pozisyon vererek ameliyatları gerçekleştirir. Kullanılan aletler ise kesme, tutma ayırma, bağlama ve koterizasyon fonksiyonları olan aletlerdir. Laparoskopik tekniklerde ise cerrahın gözü optik kamera, aletler ise uzun bir gövde üzerine yerleştirilmiş açık cerrahi aletlerinin benzerleridir (Turaçlı, 2000).

Laparoskopik el aletlerini; organların tutulduğu, ayrıldığı veya kesildiği başlık kısımları, cerrah tarafından kontrol edilen kumanda bölümü ve kumanda ile başlık kısım arasında bağlantıyı sağlayan gövde bölümü olarak 3 bölüme ayırabiliriz. Kumanda kısmının hareket ettirilmesi ile gövde kısmı içerisindeki mil iler hareket eder bu milin hareket etmesi distal başlık kısmındaki bacakların açılmasını sağlar. Bu hareketin sağlanması için gövde kısmının başlık kısmı ve kumanda kısmı ile bağlantı noktalarına sahip olması gereklidir. Tasarımımızda bu bağlantı noktalarının temel alınması ve modifiye edilmesi de araştırma konumuzdan birisi olacaktır.

El aletlerinin gövde kısımları genellikle daha dar iken, uç kısımları daha geniş olmaktadır. Bu aletlerin geniş olması organların tutulması, gerilmesi, alandan uzaklaştırılması veya alanla olan bağlantısının kesilmesi için önemlidir. Halen uygulanan teknikte geniş alet kullanılması gereken durumlarda daha geniş trokar kullanılmaktadır (Demirer, 1997).

Laparoskopik cerrahi aletleri, minimal invaziv cerrahi prosedürlerinde kullanılan özel aletlerdir. Bu aletler, vücut içerisine küçük kesiler yaparak optik bir kamera ve cerrahi aletlerin geçmesini sağlayan tüplerden oluşur. Laparoskopik cerrahi aletlerinin yapım aşaması genellikle şu adımları içerir:

**Tasarım:** Laparoskopik cerrahi aletlerin yapım süreci, tasarım aşamasıyla başlar. Mühendisler, cerrahların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde aletlerin tasarımını yaparlar. Bu tasarım sürecinde, aletin boyutları, parçalarının yerleşimi ve hareket kabiliyeti gibi faktörler dikkate alınır.

**Parçaların Üretimi:** Tasarım aşamasının tamamlanmasının ardından, laparoskopik cerrahi aletlerin parçaları üretilir. Bu parçalar genellikle titanyum, paslanmaz çelik veya benzeri dayanıklı malzemelerden yapılır. Parçalar, talaşlı imalat, döküm, enjeksiyon kalıplama veya 3D baskı gibi yöntemlerle üretilebilir.

**Montaj:** Parçalar üretildikten sonra, aletlerin montaj aşamasına geçilir. Bu aşamada, parçalar bir araya getirilerek laparoskopik cerrahi aletlerin ana gövdeleri oluşturulur. Montaj sırasında, hareket mekanizmaları, cerrahi aletlerin bağlantı noktaları ve kamera sistemi gibi özellikler dikkatlice yerleştirilir.

**Optik Sistem:** Laparoskopik cerrahi aletlerde optik sistemler, cerrahların iç organları görüntülemesini sağlar. Bu sistem genellikle bir fiberoptik kablo ve bir kamera modülünden oluşur. Optik sistem, aletin gövdesine entegre edilir ve görüntüyü cerraha iletmek için uygun bir ekran veya monitöre bağlanır.

**Kalibrasyon ve Test:** Laparoskopik cerrahi aletlerin üretimi tamamlandıktan sonra, kalibrasyon ve test aşamaları gerçekleştirilir. Bu aşamada, aletlerin doğru çalıştığından ve hassas hareket ettirebildiğinden emin olmak için çeşitli testler yapılır. Ayrıca optik sistemlerin görüntü kalitesi de değerlendirilir.

**Sterilizasyon ve Ambalajlama:** Laparoskopik cerrahi aletler, cerrahi prosedürlerde kullanıldığı için yüksek hijyen standartlarına sahip olmalıdır. Bu nedenle, üretim sürecinin sonunda aletler sterilizasyon işleminden geçirilir. Sterilizasyonun ardından aletler, steril ve güvenli bir şekilde paketlenir ve kullanıma hazır hale getirilir.

Laparoskopik cerrahi aletlerinin yapım süreci, yüksek hassasiyet gerektiren bir süreçtir. Üretici firmalar, üretim aşamalarında sıkı kalite kontrol önlemleri alarak aletlerin doğru çalışmasını, güvenliğini ve etkinliğini sağlamaya özen gösterirler. Aynı zamanda,



laparoskopik cerrahi aletlerin yenilikçi tasarımlarının ve teknolojik gelişmelerin takip edilerek sürekli olarak iyileştirildiği de unutulmamalıdır (Akyüz, 2002).

#### 1.4.1 Laparoskopik giriş ve insüflasyon

- **Veress**

Laparoskopik cerrahide pnömoperitonyum oluşturmak için kullanılan bir sistem, keskin uçlu bir dış iğne ve yaylı yuvarlak uçlu iç iğneden oluşur. İğne, karın içine doğru yerleştirilirken yaylı yuvarlak uç geriye hareket eder ve dış kısımdaki keskin uç karın ön duvarı katmanlarını keser. İğne ucu boşluğa ulaştığında iç kısımdaki yaylı yuvarlak uç dışarı doğru çıkar. 10 \$ ile 100 \$ arasında değişmektedir. (Şekil 1.1).



Şekil 1.2. Veress.

- **Hasson Tekniği**

Açık laparoskopik erişim (Hasson) tekniği, karın duvarının katmanlarını görselleştirerek damar ve iç organ hasarını önlemeyi amaçlayan bir yöntemdir. Bu giriş, aslında bir mini laparotomi olarak adlandırılabilir ve göbek bölgesinde küçük bir yatay veya dikey kesinin yapılmasını içerir (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Hasson.

- **Trokarlar**

Laparoskop ve laparoskopik aletlerin intraperitoneal kaviteye girişini sağlayan kanüller, trokarlar olarak adlandırılır. Trokarlar, tek kullanımlık ve yeniden kullanılabilir modelleri bulunur. Farklı çaplarda trokarlar mevcuttur. Genellikle 10 mm çapında trokarlar umblikustan giriş için kullanılırken, yardımcı trokarlar genellikle 5 mm çapındadır. 16.50 \$ ile 150 \$ arasında değişmektedir. (Şekil 1.4.)



**Şekil 1.4.** Trokarlar.

#### **1.4.2 Teleskop**

Laparoskopi teleskopları, operatif kanallı ve operatif kanalsız olmak üzere iki farklı tipe sahiptir (Şekil 1.5.). Bu teleskoplar, 3 ila 12 mm çapında değişen boyutlara sahiptir ve düz veya açılı lens seçenekleri bulunmaktadır. 30 derece, 45 derece ve 135 derece açılı lensler, abdominal duvarın incelenmesine ve kitle etrafında çalışmaya yardımcı olurken, 0 derecelik lens pelvik bölgenin panoramik görüşünü sağlar ve çoğu jinekolojik cerrah tarafından tercih edilir. Günümüzdeki teleskopların çoğu, çubuk şeklinde lenslere sahip olup, fleksibl veya yarı rijit olmayan cihazlardır ve fiber bant kullanımı gerektirmezler.



**Şekil 1.5.** Teleskop.

#### **1.4.3 Uterin kanül**

Bu yöntem, uterusu manipüle etmek ve buna bağlı olarak görüntüleme ve pelvik kitlelere erişimi kolaylaştırmak için kullanılır. Ek olarak, çoğu kanül, tüplerin açıklığını değerlendirmek için renkli çözeltilerin (kromopertubasyon) enjekte edilmesini mümkün kılar.

Cohen kanülü (Şekil 1.6.) ve Hulka uterin manipülatörü (Şekil 1.7.), çeşitli uterin manipülatörler arasında en yaygın olarak kullanılanlardır.



**Şekil 1.6.** Uterin kanül .



**Şekil 1.7.** Uterin kanül.

#### 1.4.4 Işık kaynağı

Fiberoptik teknolojisinin kullanımı, laparoskopik cerrahide karın boşluğuna daha yoğun bir şekilde ışık iletilmesine olanak sağlar. Işık geçirimi, fiber sayısı, kablo boyutu ve ışık kaynağının gücü gibi faktörlere bağlı olarak artar. Ancak, ışın demeti ayırıcısı kullanılan veya operasyon girişinin olduğu durumlarda, her bir bağlantı noktasında aydınlatma azalabilir. Ayrıca, optik kablolar zarar görmüş veya bozulmuşsa ışık geçirimi azalabilir.

#### 1.4.5 Aspirasyon İrrigasyon

Diş implantları veya kemik cerrahi operasyonları sırasında kullanılan yıkama/soğutma ve aspirasyon setleri, özel tasarımların yanı sıra cihaz uyumlu standart setlerin de üretildiği setlerdir. Bu setler, her iki elde rahatlıkla kullanılacak şekilde ergonomik olarak tasarlanmıştır. Tıkanmaz kanalları sayesinde yüksek bir akış performansına sahiptirler ve şeffaf baş kısımları, görüşü engellemeden kullanım sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 1.8. Aspirasyon irrigasyon.

#### 1.4.6 Forseps

Forseps, kelime anlamı olarak cisim tutmaya yarayan bir alet olarak bilinir. Ameliyatlarda sırasında belirli dokuların tutulmasında kullanılan ve özellikle sorunlu doğum durumlarında tercih edilen bir araçtır. Obstetrik alanda, fetüsün doğum kanalında sıkışmasının kalıcı hasara yol açmasını önlemek için kullanılır. Ayrıca mide ve kolon bölgesinde kullanılan biyopsi forsepsleri de mevcuttur. Genellikle tek kullanımlık ve hijyenik olarak sunulurlar ve farklı uzunluklara ve uç yapılarına sahiptirler. Tedavi edilecek bölgeye bağlı olarak şekilleri değişebilir. 19 \$ ile 250 \$ arasında değişmektedir. (Şekil 1.9. , Şekil 1.10.).



Şekil 1.9. Forseps.



Şekil 1.10. Forseps.

#### 1.4.7 İğne Tutucu

İğne tutucular, iğnenin yönlendirilmesi, dikiş atılması ve ince veya kalın dokuların kavranması gibi işlemlerde kullanılır. Özel olarak geliştirilmiş aksiyal tutma mekanizması sayesinde el aletleri kolayca döndürülebilir. İğne tutucu ve yardımcı iğne tutucu kombinasyonları, birbirleriyle uyumlu şekilde kullanıldığında güvenli ve etkili bir operasyon sağlarlar. 16.50 \$ ile 200 \$ arasında değişmektedir. (Şekil 1.11. , 1.12.).



Şekil 1.11. İğne tutucu.



Şekil 1.12. İğne tutucu

#### 1.4.8 Retraktör

Ameliyat sırasında, cerrahın ameliyat bölgesine kolaylıkla erişebilmesini sağlamak amacıyla kullanılan bir cerrahi araç, ameliyat kesesini açık tutmak ve çevredeki yapıları ayırmak için kullanılır.



Şekil 1.13. Retraktör.

#### 1.4.9 Klip Atıcı

Klipler, emici olmayan, durağan ve toksik olmayan polimer malzemeden üretilmiştir ve vücut tarafından iyi tolere edilebilirler. Ayrıca, uzun ömürlüdürler ve radyolüsent özellikleri sayesinde X ışını, CT ve MRI taramalarını engellemezler. Klip kollarının esnek tasarımı, damarlara optimal uyum sağlamak için tasarlanmıştır ve esnek mafsallı sayesinde kolayca açılıp kapatılabilirler. Entegre dişler sayesinde stabilite sağlar ve dokudan kaymayı önlerler. Ayrıca, 20° açılı aplikatörler kullanılarak daha etkili bir kontrol ve kullanım sağlanabilir. Üç tipte mevcuttur: Orta-Geniş Polimer Klipler ve Klip Atıcılar (yeşil

renkli), Geniş Polimer Klipler ve Klip Atıcılar (mor renkli) ve Extra-Geniş Polimer Klipler ve Klip Atıcılar (sarı renkli).



Şekil 1.14. Klip atıcı.

#### 1.4.10 Laparoskopik Makaslar

Laparoskopik cerrahi prosedürlerde kullanılan bir cerrahi alet türüdür. Laparoskopik cerrahi, karın boşluğuna küçük kesiler yaparak ince bir endoskopik kamera (laparoskop) ve cerrahi aletlerin yerleştirilmesini içeren minimal invaziv bir cerrahi yöntemdir.

Laparoskopik makaslar, laparoskopik cerrahi prosedürlerde kullanılan ve karın boşluğunda kesme, tutma ve diğer cerrahi işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan özel tasarımlı cerrahi aletlerdir.

Laparoskopik makaslar, karın içi dokuların kesilmesi, kesilmiş doku ve organların tutulması, dikilmesi veya koterlenmesi gibi işlemler için kullanılır. Bu makaslar, karın boşluğuna yerleştirilen ince ve uzun bir tüp olan trokarlar aracılığıyla karın boşluğuna sokulur. Laparoskopik cerrah, ekran üzerinden görüntülenen kamera görüntülerine bakarak laparoskopik makasları kontrol eder.

Laparoskopik makaslar, genellikle keskin uçlu ve kavisli bir yapıya sahiptir. Bu şekil, cerrahın karın içindeki dokulara daha kolay erişim sağlamasına ve cerrahi işlemleri gerçekleştirmesine yardımcı olur. Laparoskopik makaslar, karın içindeki organlara minimal hasar verirken, cerrahın kesme, kesme, tutma ve kontrol etme işlemlerini gerçekleştirmesine olanak tanır.

Laparoskopik makaslar, laparoskopik cerrahide önemli bir rol oynar. İşte laparoskopik makasların bazı özellikleri ve kullanım alanları:

**Tasarım ve Özellikler:** Laparoskopik makaslar, genellikle paslanmaz çelikten yapılmıştır ve sterilizasyon için uygun malzemelerden üretilir. Uzun ve ince bir yapıya sahiptirler ve

çeşitli uzunluklarda mevcuttur. Genellikle, ergonomik tutma yüzeyleri ve kavisli uçları vardır. Kavisli uçlar, dokuları daha kolay tutmayı ve kesmeyi sağlar.

**Kesme ve Koterleme:** Laparoskopik makaslar, kesme ve koterleme işlemlerini gerçekleştirmek için kullanılır. Keskin uçları sayesinde cerrah, karın boşluğundaki dokuları keserken hassas bir kontrol sağlayabilir. Bazı laparoskopik makaslar, elektrik enerjisi kullanarak koterleme yapabilme özelliğine de sahiptir. Bu sayede, kesilen dokuların kanamaları kontrol altına alınır.

**Disseksiyon ve Tutmada Kullanım:** Laparoskopik makaslar, dokuların disseke edilmesi ve manipüle edilmesi için de kullanılır. Organları ayırma, yapışıklıkları açma ve doku tabakalarını birbirinden ayırma gibi işlemlerde kullanılarak cerraha büyük bir hassasiyet ve kontrol sağlar.

**Kanama Kontrolü:** Laparoskopik makaslar, kanama durumunda kanamayı kontrol etmek için de kullanılır. Kesici uçları, küçük kan damarlarını veya doku bölgelerini kapatmada etkili olabilir. Aynı zamanda kanama durumunda tamponlama veya basınç uygulama gibi yöntemlerle de kullanılabilirler.

**Diğer Uygulamalar:** Laparoskopik makaslar, laparoskopik cerrahide geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Örneğin, safra kesesi ameliyatı, apandisit ameliyatı, tüp ligasyonu, kistektomi (kistin cerrahi olarak çıkarılması) ve karın boşluğunda diğer cerrahi girişimlerde kullanılabilir.

Laparoskopik makaslar, minimal invaziv cerrahi avantajlarını kullanarak hastaların daha hızlı iyileşme, daha az ağrı, daha küçük yara izleri ve kısa hastanede kalma süresi gibi birçok fayda sağlar. Bununla birlikte, laparoskopik cerrahi prosedürlerin yapılması için deneyimli bir cerrah ve uygun ekipmana sahip bir hastane gereklidir.



**Şekil 1.15.** Laparoskopik makas.

#### **1.4.11 Tutucu aletler (Grasper)**

Grasper, kelime anlamıyla "tutucu" veya "kavrayıcı" anlamına gelir. Tıp ve cerrahi alanında kullanılan bir terimdir. Özellikle laparoskopik cerrahide kullanılan bir alet olan grasper, dokuları kavramak ve tutmak için kullanılır.

Grasper, genellikle bir cerrahi alet setinin parçası olan bir manipülasyon aracıdır. Laparoskopik cerrahi sırasında, doktorlar küçük kesiler yapar ve karın boşluğuna ince bir tüp olan bir laparoskop yerleştirir. Laparoskop, içerideki görüntüyü gösteren bir kamera içerir. Grasper, bu tüpün yanından yerleştirilerek doku veya organları kavrar ve hareket ettirir.

Grasperlar farklı şekillerde tasarlanabilir ve çeşitli boyutlarda olabilir. Uç kısmı genellikle pim benzeri bir yapıya sahiptir, böylece dokuyu güvenli bir şekilde yakalar ve tutar. Grasperlar, cerrahi işlemlerde doku manipülasyonu, tutma, kesme ve yerleştirme gibi işlemlerde kullanılır.

Bu nedenle, "grasper" terimi, genel olarak laparoskopik cerrahi ve benzeri alanlarda kullanılan doku tutucu ve kavrayıcı aletleri ifade etmek için kullanılır (Aslan, 1997).

**Çeşitleri:** Grasperlar, kullanım amacına bağlı olarak çeşitli tiplerde gelir. Kavrama ve tutma işlevine ek olarak, bazı grasperlar kesme veya elektrokoter (elektrik akımı kullanarak doku kesme ve koagülasyonu gerçekleştiren bir alet) gibi özelliklere de sahip olabilir.

**Tasarım ve malzeme:** Grasperlar, paslanmaz çelik veya titanyum gibi dayanıklı malzemelerden yapılmıştır. Uç kısmı genellikle çene benzeri yapıya sahiptir ve açılır veya kapanırken dokuyu sıkıca tutar. Grasperlar, kavrama hassasiyetini ve cerrahi işlemlerde kontrolü artırmak için ergonomik olarak tasarlanır.

**Kullanım alanları:** Grasperlar, laparoskopik cerrahi, robotik cerrahi ve endoskopik işlemler gibi minimal invaziv cerrahi prosedürlerde sıkça kullanılır. Karın, pelvis, göğüs ve diğer iç organlarda dokuyu kavramak, manevra etmek ve manipüle etmek için kullanılırlar. Ayrıca, grasperlar, biyopsi yapma, doku örnekleri almak, dikiş atmak ve implant yerleştirmek gibi işlemlerde de kullanılabilir.

**Avantajları:** Grasperlar, minimal invaziv cerrahide bir dizi avantaj sunar. Küçük kesilerle çalışıldığı için daha az doku hasarı meydana gelir. Hastaların iyileşme süreci daha hızlı olabilir ve ameliyat sonrası komplikasyonlar azalabilir. Ayrıca, laparoskopik cerrahide üç

boyutlu görüntüleme ve büyütme yeteneği sayesinde, doktorlar hassas manipülasyonlar yapabilir ve daha net bir görüş elde edebilir.

**Sınırlamaları:** Grasperlar, dokuların üç boyutlu algısını sınırlayabilir ve haptic (dokunma hissi) geribildirim eksikliği nedeniyle hassaslıkta bir azalma olabilir. Bu nedenle, cerrahın becerisi ve deneyimi, grasperların etkin kullanımı için önemlidir.

Laparoskopik cerrahi teknolojisi sürekli gelişmekte olup, grasperlar da bu gelişmelere paralel olarak daha hassas, daha ergonomik ve daha işlevsel hale gelmektedir. Bu da minimal invaziv cerrahinin yaygınlaşmasına ve daha güvenli ve etkili prosedürlerin gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

"Grasper" forsepsler, dokuların manipülasyonu için özel olarak tasarlanmıştır. Bazıları geniş ve düzken, bazıları ise ince ve hassas dokuyu tutmak için uygundur (Şekil 1.16.). Dişli forsepsler, ovaryan kistler ve leiomyomlar gibi çıkarılacak dokular üzerinde traksiyon uygulamak için kullanılır. Sivri uçlu forsepsler ise doku diseksiyonu ve uygun cerrahi alanın sağlanması amacıyla kullanılır. Mandallı veya mandalsız çeşitleri bulunmaktadır (Hamilton, 2001).



**Şekil 1.16.** Tutucu alet. (Grasper)



## 2. MATERYAL ve METOT

Tasarladığımız cerrahi sistem ile daha az invaziv yöntem ile; kumandaların ergonomik olarak kullanılabilmesi, kullanılan cerrahi aletlerin hareket kabiliyetlerinin artırılması, cerrahların alışkın oldukları teknikler ile daha kolay ameliyatları gerçekleştirebilmeleri, laparoskopik cerrahi, robotik cerrahi ve NOTES cerrahide karşılaşılan sorunların çözüm yollarını araştırmak amaçlanmaktadır. Bu sorunlar daha küçük insizyonlar oluşturabilmek, enfeksiyon kontrolü, çok sayıda alet ile çalışabilmek ve ergonomik çalışabilmek olarak sıralanabilir.

Teknolojinin ilerlemesi ile beraber karın ameliyatları daha az invaziv yöntemler ile yapılabilmektedir. Amaç daha az travma ile ameliyatları gerçekleştirebilmektir. Kapalı karın ameliyatları (laparoskopi), karının co2 gazı verilerek potansiyel boşluk oluşturulması ve küçük kesilerden kamera eşliğinde uygun cerrahi el aletlerinin yardımıyla ameliyatların gerçekleştirilmesidir. Çok sayıda kesinin yapıldığı klasik laparoskopi yerine tek delikten uygulanan cerrahi yöntemler de artık kullanılmaktadır. Özellikle robotik cerrahinin gelişmesi ile beraber laparoskopik cerrahinin uygulama alanı genişlemiştir. Kompleks ve zor ameliyatların rahatlıkla yapılabilmesine imkan tanımıştır

Tasarımımız TSE “TS 13011” Yetkili Servisler – Sağlık Sektöründe Kullanılan Cerrahi El Aletleri İçin-Kurallar satandartı çerçevesinde planlanmıştır. Bu standard sağlık sektöründe kullanılan cerrahi el aletlerinin servislerinin işletmecilik, yapısal özellik, teknik donanım, çalışanların özellikleri ve belgelendirme ile ilgili kurallarını kapsar.

Tasarladığımız cerrahi aletlerin çizimleri üzerindeki numaralar aşağıda verilmiştir.

- 1: El kumandası,
- 2: Kumanda Gövdesi,
- 3: Aksiyel Hareket algılayıcı,
- 4: Mobil Kumanda Ünitesi,
- 5: Hareket İletici Modül, **5a:** Transvers Hareket Algılayıcı, **5b:** Vertikal Hareket Algılayıcı

**6:** Modül Yuvası, **6a:** Modül Kilidi, **6b:** Modül Tekerleği

**7:** Mesafe sabitleyici, **8:** Mesafe belirleyici

**9:** Yönlendirici, **9a:** Yönlendirici Teli, **9b:** Yönlendirici Taşıyıcı, **9c:** Yönlendirici Sabitleyici,

**10:** Uzatici,

**11:** Transvers Hareket İletici,

**12:** Vertikal Hareket İletici,

**13:** Uc,

**14:** Yönlendirici Kamera,

**15:** Çekirdek Gövde,

**16:** Kılavuz Oluğu,

**17:** Hareket İleticiler Bağlantı Oluğu,

**18:** Hareket İleticiler Bağlantı İpi,

**19:** Kılavuz,

**22:** Vücut İçi

**23:** Operasyonel Kamera

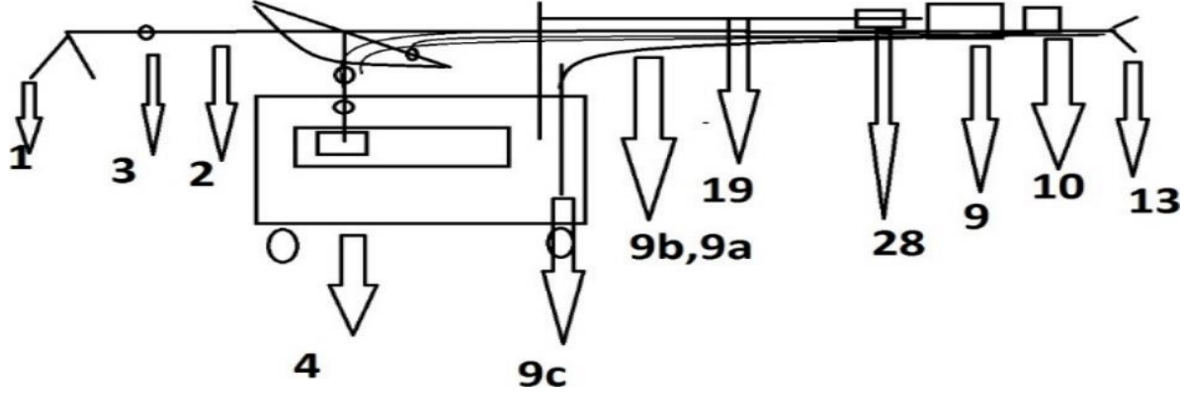
**27:** Yönlendirici Kamera

**28:** Taşıyıcı

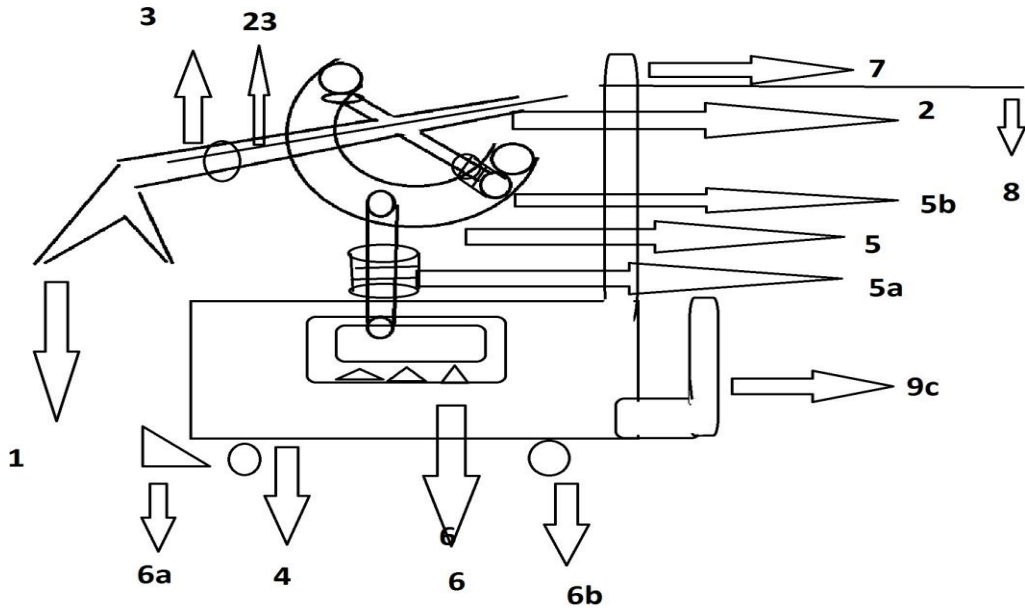
**28:** Taşıyıcı

**29:** Trokar

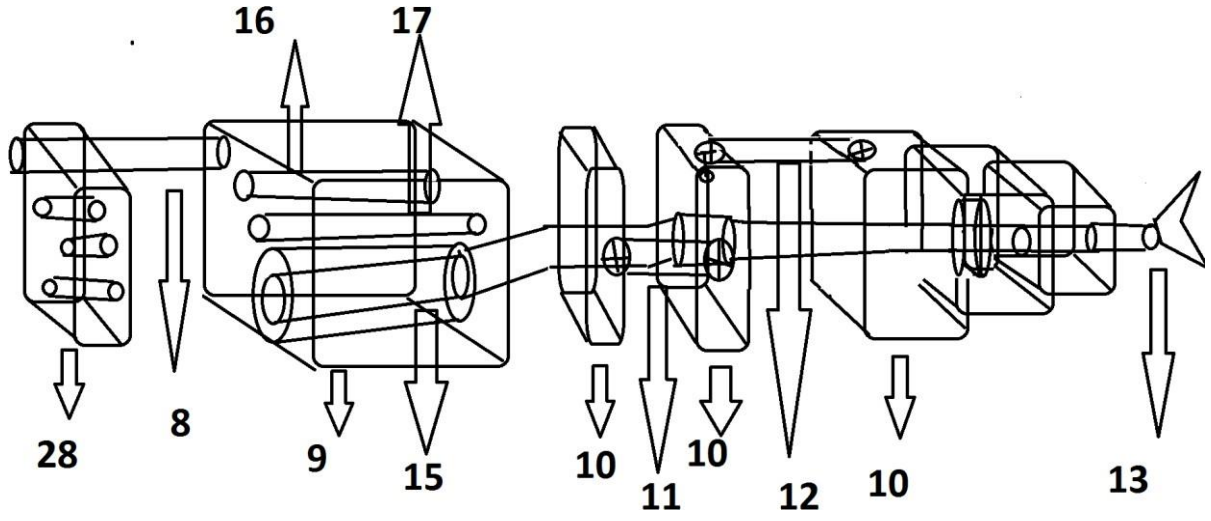
**30:** Askı Aparatı



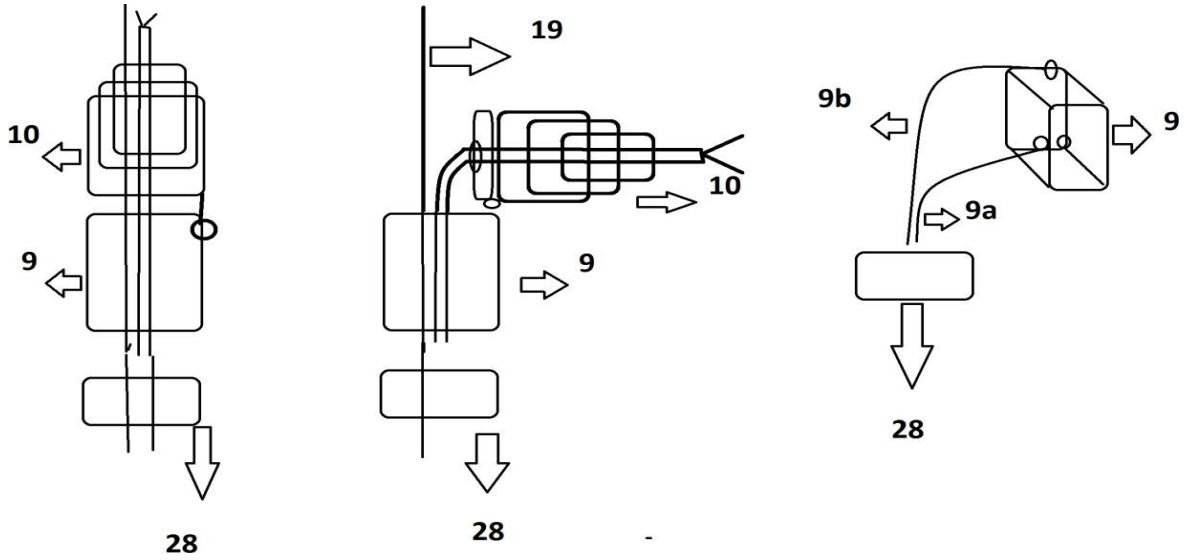
Şekil 2.1. Tasarladığımız cerrahi alet tüm parçaları.



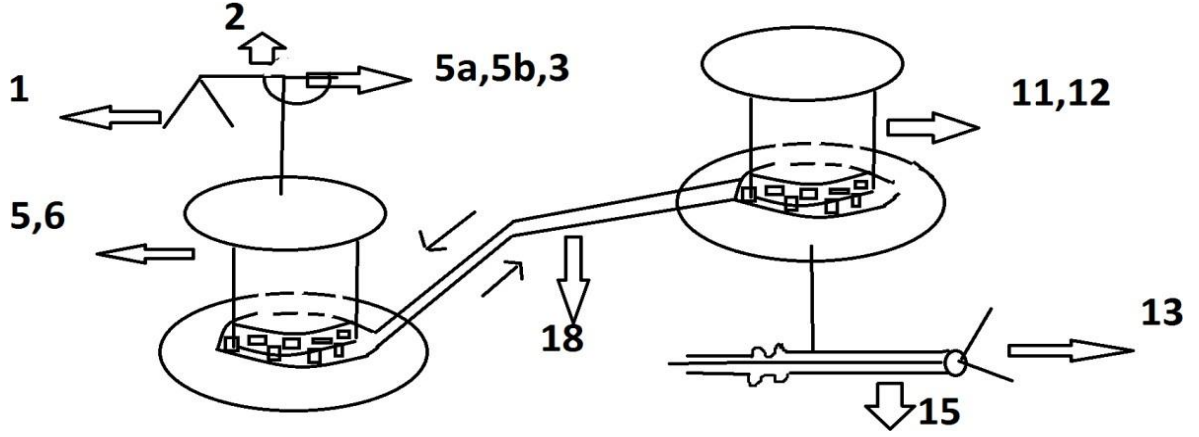
Şekil 2.2. Tasarladığımız cerrahi alet'in vücut dışındaki bölümleri.



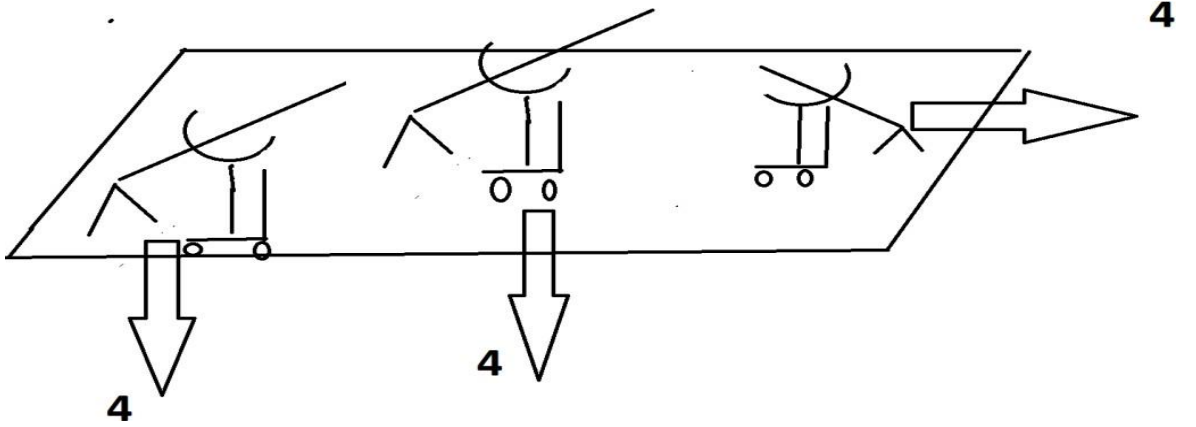
Şekil 2.3. Tasarladığımız cerrahi alet'in vücut içindeki bölümleri. (uzatıcı kapatılmış halde iken)



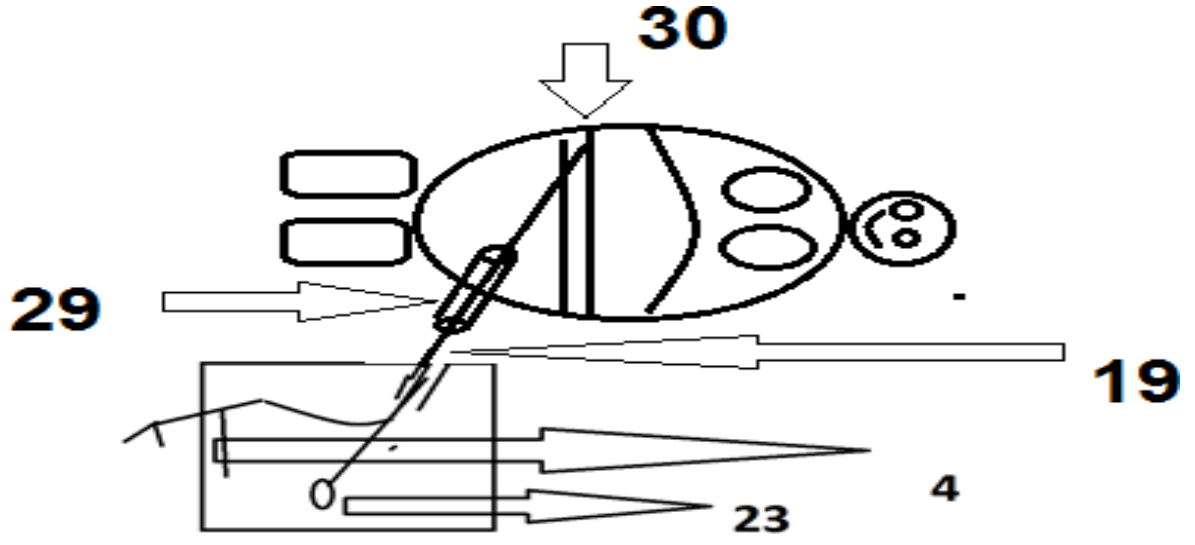
Şekil 2.4. Yönlendirici'nin uç kısmının yönünü değiştirmesi.



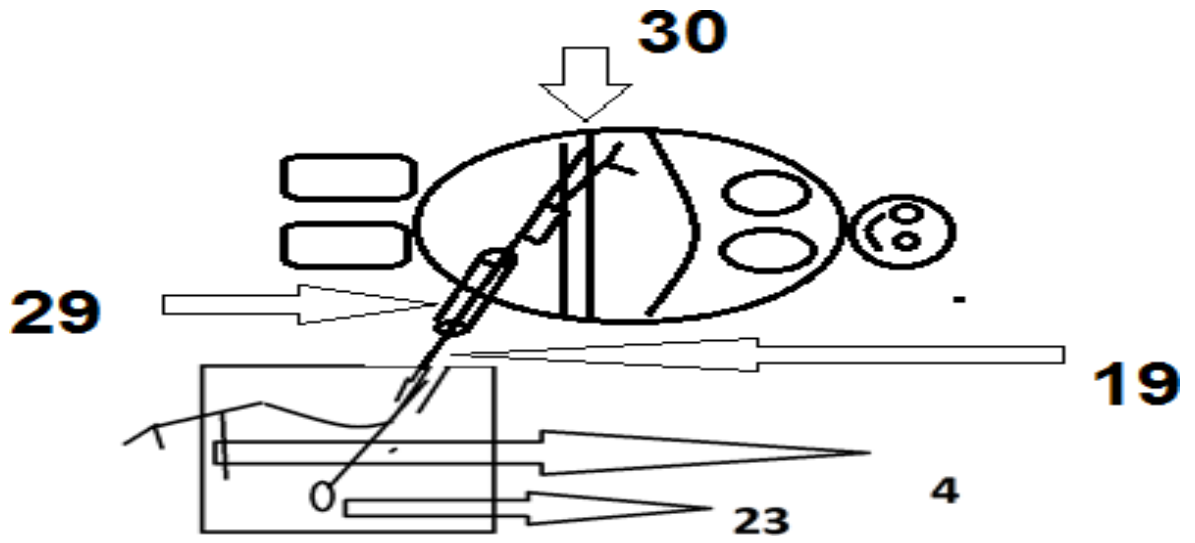
Şekil 2.5. El kumandasındaki hareketin, el aleti gövdesine (vücut içi) iletilmesi.



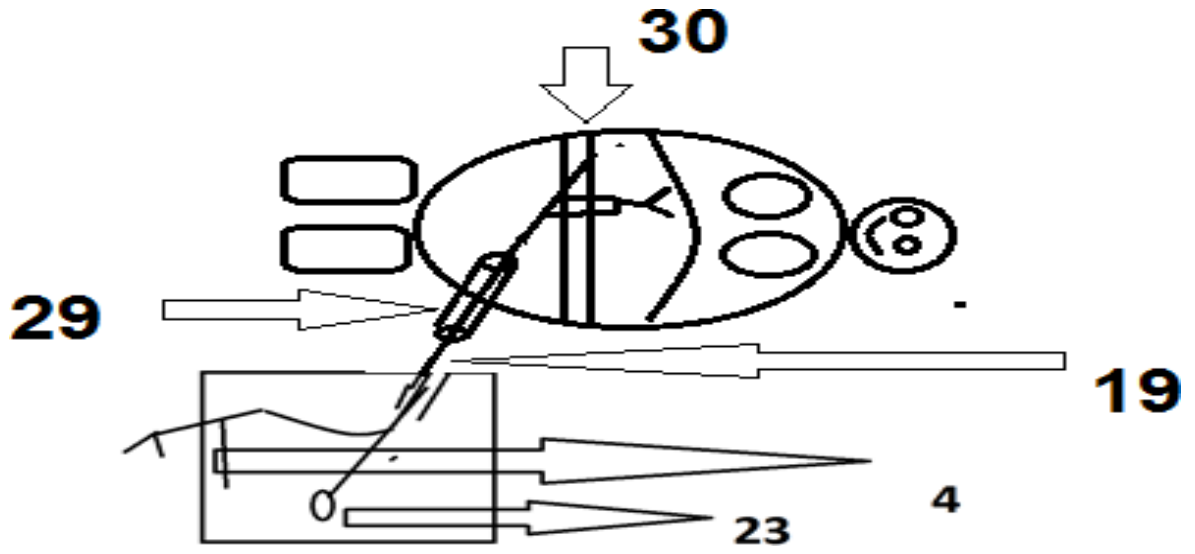
Şekil 2.6. Çok sayıda mobil kumanda ünitesi cerrahi masa üzerinde.



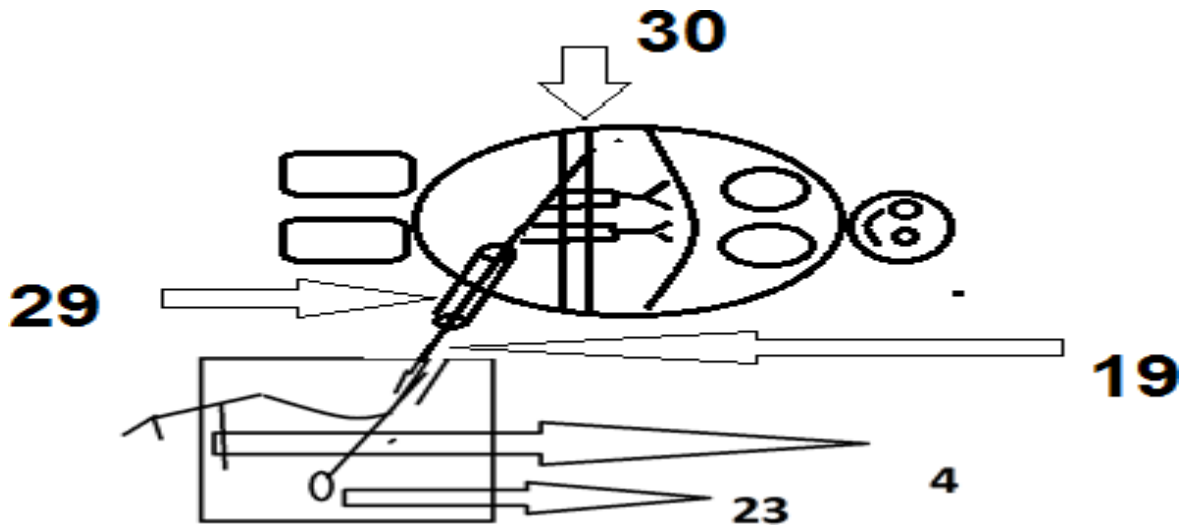
Şekil 2.7. Trokarın ve peruktan askı aparatlarının batına yerleştirilmesi.



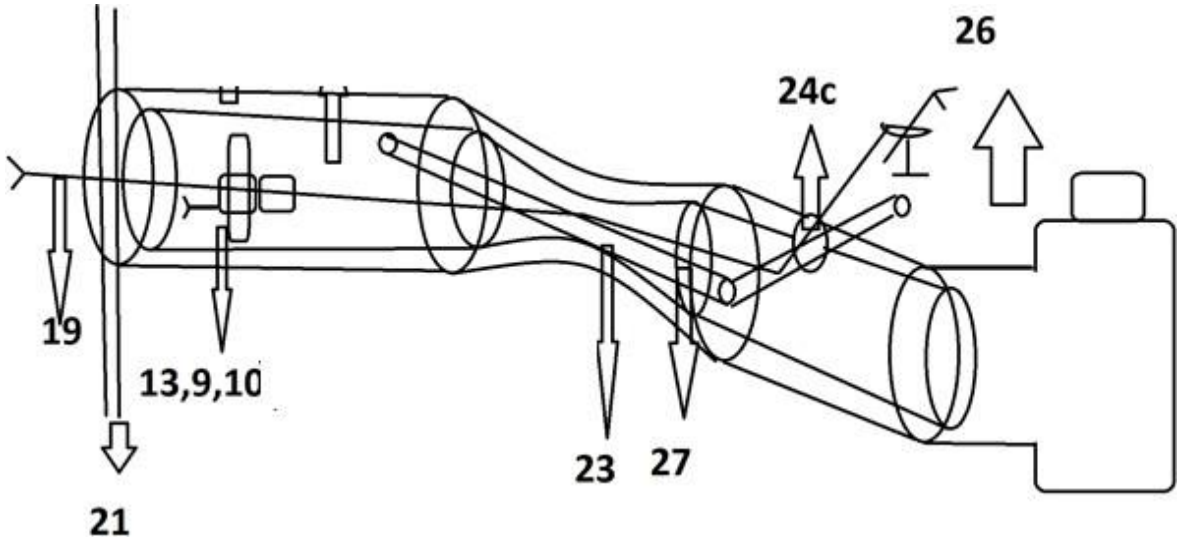
Şekil 2.8. Klavuz'un üzerinden uc, taşıyıcı, yönlendirici ve uzatıcının vücut içine yerleştirilmesi.



Şekil 2.9. Klavuz tel üzerinde iken yönlendiricinin uzatıcısı uygun pozisyona getirmesi.



Şekil 2.10. Klavuz tel üzerine ikinci ve diğer aletlerin yerleştirilmesi ve uygun pozisyona getirmesi.



Şekil 2.11. Tasarladığımız cerrahi alet tüm parçaları.

## 2.1 Tasarımın parçaları

Tasarım; Mobil Kumanda ünitesi (4), Mesafe sabitleyici (7), mesafe belirleyici (8), yönlendirici (9), uzatıcı (10), kılavuz (19), ana parçalarından oluşmaktadır. Mobil kumanda ünitesi (4); Hareket İletici Modül (5) ve Modül yuvası (6), modül kilidi(6a), modül tekerleği (6b) parçalarını, Hareket İletici Modül (5) ise Transvers Hareket Algılayıcı (5a) ve Vertikal hareket Algılayıcı (5b) parçalarını içermektedir. Aksiyel Hareket Algılayıcı (3), hareket iletici modülden (5) ayrı olarak gövde üzerine yerleştirilmiştir.

## 2.2 Tasarımın uygulanma biçimi

Trokar batına yerleştirilir ve co2 insuflasyonu uygulanır. Perkutan askı aparatları (29), ameliyat yapılacak bölgeyi çalışma alanına alacak şekilde yerleştirilir. Kılavuz üzerinden cerrahi askı aparatlarının üzerine yerleştirilir.. Kamera fleksible endoskop sistemlerin kamerası olabileceği gibi tasarladığımız sistemde el aletinin yerine operasyonel kamera (27) da kullanılabilir. Böylece ihtiyaç halinde birden fazla kamera kullanılabileceği gibi ameliyat bölgesinin farklı açılardan daha çok görüntü elde edilerek cerrahların ameliyatları daha kolay yapabilmesine imkan tanınır. Uç istenilen pozisyona getirildiğinde mesafe belirleyici (8) tarafından Mesafe sabitleyici (7) üzerine sabitlenir. Bu durumda mobil kontrol ünitesi (4) de cerrahın rahat çalışabileceği şekilde masa üzerinde sabitlenmelidir.

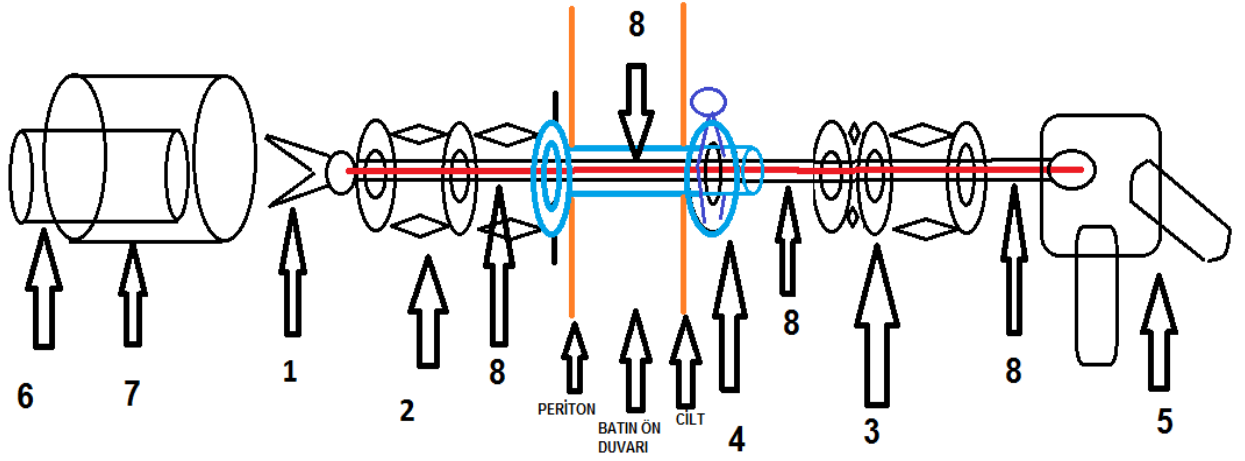


Cerrahi alet uçları kılavuz yönünden farklı bir yöne yönlendirilmek istenildiğinde yönlendirici tel (9a) ve yönlendirici taşıyıcı (9b) kullanılarak yönlendirici'nin (9) cerrahi aletlerin ucu uygun pozisyona getirmesi sağlanır. İleri geri hareket yapılması istenildiğinde Hareket iletici modül (5) kumanda ünitesi üzerinde modül yuvası (6) üzerinde ilerletilir. Böylece fleksible olan çekirdek gövde, uzatıcının(10) bir anten gibi uzamasını sağlar. Uzatıcının bir görevi de fleksible olan çekirdek gövdenin nonfleksible hale getirilip ucun organların ekartasyonuna uygun hale getirilmesini sağlamasıdır. Hareket iletici modül (5) üzerinde bulunan Transvers Hareket Algılayıcı (5a), Vertikal hareket Algılayıcı (5b) ve eksenel Hareket Algılayıcı (3), veya uzaktan kontrol sistemleri kullanılarak kumanda merkezinde yapılan sağ-sol, aksiyel ve aşağı-yukarı hareketleri ile cerrahi alet kumanda edilir.

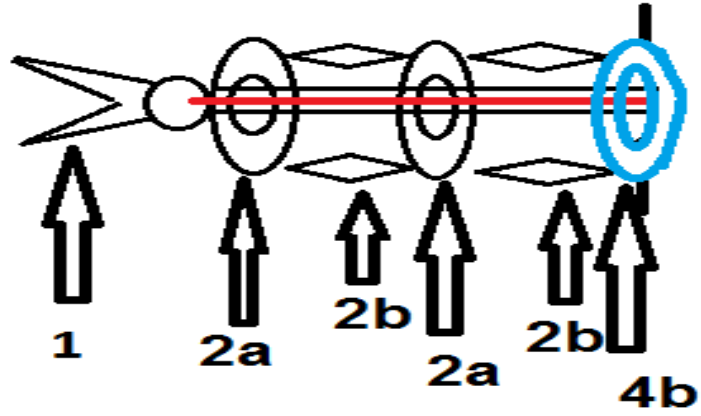
### **2.3 Tasarımımızın Özellikleri ve Açıklaması**

Tasarımımız şu parçalardan oluşacaktır:

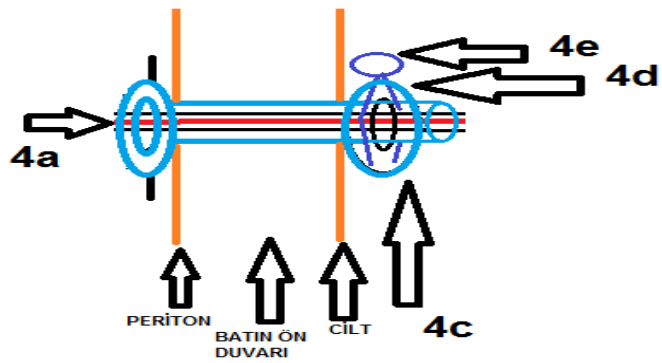
1. Başlık
2. İç gövde
- 2a: İç Gövde Uzayabilen Çeper
- 2b: Vertikal Destek Aparatları
3. Dış Gövde
- 3a: Dış Gövde Uzayabilen Çeper
- 3b: Vertikal Destek Aparatları
4. Trokar
- 4a: Periton Destek Plağı
- 4b: İç gövde bağlantı noktası
- 4c: Cilt Destek Plağı
- 4d: Dış Gövde Bağlantı Noktası
- 4e: Plak Sabitleyici Klips
5. Kumanda
6. Kamera
7. Visseral Koruyucu Aparat
- 7a: Başlık oyuğu
8. Kumanda başlık arası mil



Şekil 2.12. Genel Görünüm.



Şekil 2.13. Başlık ve İç Gövde.



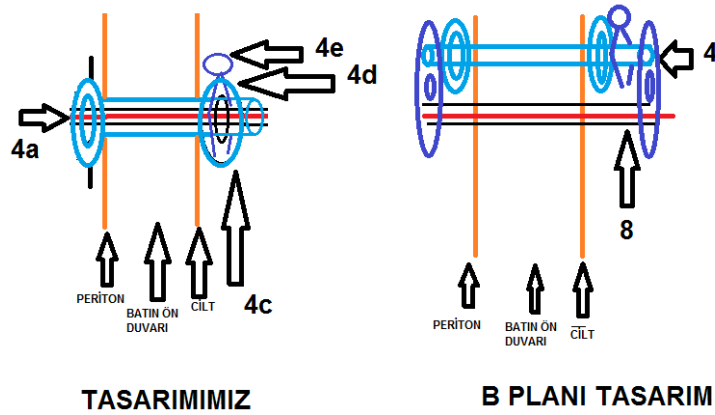
Şekil 2.14. Trokar ve El Aleti Gövdesi.



vasıtasıyla trokar'ın Cilt Destek Plağı (4c) parçaları ile birleştirilir. Böylece el aletinin bütünlüğü sağlanır.

## 2.5 Alternatif Tasarım (B Planı):

İlk dizaynımızda trokar ile el aleti aynı insizyon üzerinden cilde penetre olmaktadır. Ancak yukarıda da belirttiğimiz gibi kuvvetin etkili olarak yayılması için ikinci bir kanül gerekebilir. Bunun için trokar vazifesini gören ikinci bir kanül cildi penetre edebilir. Her iki kanül vücut içinde veya dışında sabitlenebilir. Ancak kullanım kolaylığı açısından vücut dışında birleştirilmesi tercih edilebilir. Bu yöntem ile 1,5mm'lik iz azaltılırken yaklaşık 2mm yanına 1mm'den az bir iz ile adaptasyon hedeflenmektedir.



Şekil 2.17. Tasarım ve B planı tasarımı.

## 2.6 İmalat Yöntemleri

Bahsedilen el aletlerinin yapımında kullanılan malzemelerin cidar kalınlıkları, kimyasal özellikleri, tasarım kriterlerinden ileri gelen malzeme boyutları, ürüne ait parçanın dış ortam ve karın içerisinde kalma durumuna göre şu imalat yöntemleri kullanılmıştır;

- Uç parçaların, kasa içi parçaların ve birleşim parçaların kayar otomat, torna, freze tezgahlara kullanılarak talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirilmiştir.
- Tutacak kısmı iç mekanizma parçalarının imalatı akabinde plastik enjeksiyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Ürünün farklı varyasyonlarında metalik gövde kullanıldığında ise bu parça talaşlı imalat ve/veya döküm yöntemiyle gerçekleştirilecektir.
- Uç kısmıyla boru montajı varyasyonlara göre farklı şekillerde montajlanabilmektedir. Burada hassas lazer kaynak yöntemi veya dış açmak suretiyle parçalar birbirlerine montajlanmaktadır.

- d- Markalamalar ve ürüne ait diğer bilgiler malzeme üzerinde uygun konumlara lazer markalama metodu ile yapılmaktadır.

Bu yöntemlerle beraber ürünün daha teknikleştirilmiş ileri varyasyonlarında ve farklı modellerinde titanyum gibi farklı dayanım, kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip metal veya farklı birleşenlere sahip olan kompozit bio uyumlu malzemeler kullanıldığında imalat yöntemleri ve montaj teknikleri de farklılıklar gösterecektir.

## 2.7 Biyomalzemeler

Bahsedilen el aletlerinin yapımında kullanılan biyouyumlu malzemeler arasında paslanmaz çelik 316L, titanyum, nitinol ve polimerler sayılabilir.

### 2.7.1 Paslanmaz Çelik 316L

Biyouyumlu malzemeler, operasyon sonrasında çevredeki dokuların normal değişimlerini engellemeden ve istenmeyen tepkilere (iltihaplanma ve pıhtı oluşumu gibi) sebep olmadan etkisiz kalan malzemelerdir. Vücudun biyolojik uyumluluğu, biyomalzemeyi kabul edebilme kapasitesidir. Aşağıdaki resimlerde 316 L paslanmaz çelikten yapılmış çeşitli cerrahi aletler görülmektedir.



Şekil 2.18. 316 L içerikli çeşitli cerrahi araçlar.

Laparoskopik el aletinin trocar ve gövde malzemesi 316 L Paslanmaz çeliği olarak karar verilmiştir. Bu malzeme biyouyumlu bir malzemedir. Aşağıda bu çeliğe ait kimyasal kompozisyon görülmektedir.

**Tablo.2.1.** 316L Paslanmaz çeliğinin alaşım oranları.

Element	Alaşım Oranı (%)
Karbon (C)	0,03 max
Mangan (Mn)	2,00 max
Fosfor (P)	0,03 max
Sülfür (N)	0,03 max
Silikon (Si)	0,75 max
Krom (Cr)	17,00 - 20,00
Nikel (Ni)	12,00 - 14,00
Molibden (Mo)	2,00 - 4,00

ASTM 316 ve 316 L östenitik paslanmaz çelikleri, metalik biyomalzemeler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu malzemeler, sıcak sertleştirme işlemlerine tabi tutulmazlar, ancak soğuk sertleştirme uygulanabilir. Ayrıca, bu paslanmaz çelikler non-manyetik özellik gösterirler ve diğer paslanmaz çeliklere kıyasla in-vivo ortamda daha yüksek korozyon dayanımına sahiptirler. Mo katkısıyla alaşımın tuzlu su ortamındaki çukurcuk korozyonuna karşı direnci arttırılmaktadır . Bu özelliklerinden dolayı ASTM, biyomalzeme olarak kullanım için 316 L paslanmaz çeliği tercih etmektedir ve alaşım oranı Tablo 1'de gösterilmektedir. 316 L paslanmaz çeliği ile 316 paslanmaz çeliği arasındaki fark, 316 L'de C (karbon) oranının daha düşük olmasıdır. "L" ifadesi, ASTM standartlarına göre düşük karbon içeriğini belirtmek için eklenmiştir. Östenitik yapıdaki stabilize olmuş Ni (nikel), oda sıcaklığında paslanmaz çelik malzemenin korozyon dayanımını artırır. Östenitik fazda yaklaşık olarak %10 civarında Ni bulunur.

Tablo 2'de 316L paslanmaz çeliğinin soğuk ve sıcak dövülmüş haldeki mekanik özellikleri verilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi soğuk ve sıcak dövme sonucunda mekanik özelliklerde belirgin farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

**Tablo.2.** 316 L Paslanmaz çelik mekanik özellikleri.

Malzemenin Hali	Çekme Gerilmesi (MPa)	Akma Gerilmesi (MPa)	%Uzama	Sertlik HRC
Sıcak Dövülmüş	485	172	40	95 HBR
Soğuk Dövülmüş	860	690	12	-----

### 2.7.2 Titanyum

Titanyum, fiziksel ve kimyasal açıdan üstün özelliklere sahip bir malzemedir ve 316 paslanmaz çelik ve kobalt alaşımlarına kıyasla daha hafiftir. Özgül ağırlığı 4.5 gr/cm<sup>3</sup> olan titanyum, 1680 oC'de erir ve oda sıcaklığında sıkıdizilmiş hekzagonal kafes yapısına sahip bir metaldır. Saf titanyum, oksitlenme ilerlemesini ve korozif kimyasal maddelerle tepkimeyi engelleyen katı bir oksit tabakası oluşturarak korozyona karşı direnç kazanmıştır. Titanyum implant yüzeyinde oluşan oksit tabakası, titanium oksit (TiO<sub>2</sub>)'ye benzer ve metal-oksit arayüzündeki oksitlerin karışımını değiştirdiği bildirilmiştir. Titanyumun elde edilmesi ve işlenmesi zor olduğundan, metal olarak kullanımı sınırlı alanlara odaklanmıştır. Bununla birlikte, titanyum mineralleri ve titanyum oksit (TiO<sub>2</sub>) geniş bir kullanım alanına sahiptir. Rutil, anatas ve ilmenit en önemli titanyum mineralleridir. TiO<sub>2</sub> (rutil ve anata), tetragonal kristal sisteminde kristalleşirken, FeTiO<sub>3</sub> (ilmenit) trigonal kristal sistemine sahiptir. Titanyumun uzun süreli implantasyonda en iyi biyouyumluluğu göstermesi avantajdır, enjekte edilen maddelerle kimyasal reaksiyona girme olasılığı en düşüktür. Günümüzde titanyum ve alaşımları, protez eklem, cerrahi splint, damar stentleri ve bağlayıcıları, dental implant, kuron köprü ve parsiyel protez gibi alanlarda kullanılmaktadır.

### 2.7.3 Nitinol

Bu alaşımlar, deforme edildikten sonra, ısıtıldıkları zaman ilk şekillerine dönebilme özelliğine sahiptirler. Bu özellik, (Shape Memory Effect-SME) “şekil hafıza etkisi” olarak

adlandırılır. Şekil hafıza etkisinin gerekli olduğu bazı biyomalzeme uygulamaları, diş köprüleri, kafatası içerisindeki damar bağlantıları, yapay kalp için kaslar ve ortopedik protezlerin üretiminde kullanılırlar.

#### **2.7.4 Polimerler**

Polietilen (PE), poliüretan (PU), politetrafloroetilen (PTFE), poliasetal (PA), polimetilmetakrilat (PMMA), polietilenteraftalat (PET), silikon kauçuk (SR), polisülfon (PS), polilaktik asit (PLA) ve poliglikolik asit (PGA) gibi tıbbi uygulamalarda kullanılan polimerler, çok değişik bileşimlerde ve şekillerde (lif, film, jel, boncuk, nanopartikül) hazırlanabilirler. Bu nedenle biyomalzeme olarak geniş bir kullanım alanına sahiptirler.

#### **2.8 Trokar ve El Aleti Gövde Bölümü Üretimi**

Bu boruların üretimi genellikle sıcak işleme ancak çok yumuşak metalik malzemelerde soğuk işleme yapılır. İçi boş silindirik boruların üretimi aşağıdaki şekillerde olabilir:

- **Ekstrüzyon ile boru üretimi:**
- Boru ekstrüzyonunda kullanılan silindirik metalik bloklar, takozlar olarak adlandırılır ve dolu veya delikli olabilir. Direkt ekstrüzyonda dolu ve delikli takozlar kullanılırken, endirekt ekstrüzyonda sadece delikli takozlar kullanılarak boru üretilir. Boru ekstrüzyonunda pistonun ucuna takılan bir malafa yardımıyla boru kesiti oluşturulur. Pistona bağlanan malafa, sabit, hareketli veya delme malafası olmak üzere üç farklı şekilde takılabilir.
- **Özel haddeleme yöntemleriyle boru üretimi:** Dikişsiz boru üretiminde kullanılan yöntem, silindirik metal bloğunun sıcak işleme delinmesi prensibine dayanır. Bu yöntemde, boru çapı ve et kalınlığına bağlı olarak farklı üretim aşamaları gerçekleştirilir. Mannesmann boru üretim yöntemi olarak bilinen yöntemde, sıcak silindirik blok, eksenleri hafifçe eğik olan ve aynı yönde dönen iki merdaneye ve delme işlemini gerçekleştiren bir zımbaya maruz kalarak kalın et kalınlığında bir boru şeklinde üretilir.



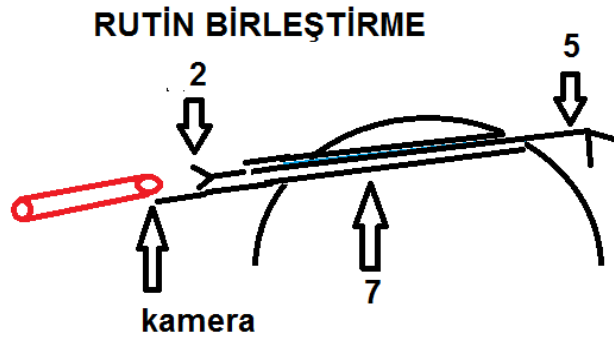
### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1 Tasarımın Uygulama Biçimi

Aşağıda iki farklı uygulama biçimi anlatılmıştır. Her iki yöntem ile de prototip hazırlanması planlanmaktadır. Ortak paydaş ve kullanıcılar ile yapılan toplantılarda her iki yöntem de paylaşılacaktır. Birinci sırada bahsettiğimiz uygulama biçimi halen uygulanan ve cerrahların aşına olduğu yöntem iken, alternatif yöntemin teorik olarak daha kolay uygulanabileceğini değerlendirmekteyiz. Böylece cerrahi prosedürlere yeni bir yöntem daha kazandırılabilir.

##### 3.1.1 Rutin Uygulama

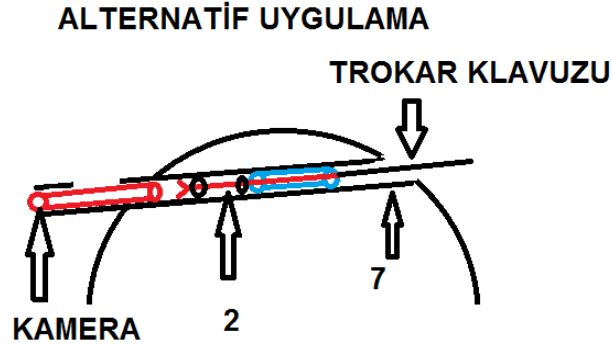
Trokarın vücuda yerleştirilmesinde halen kullanılan yöntem kanülün kılavuz ile beraber cildi penetre edip batın boşluğuna yerleştirilmesidir. Buna göre tasarladığımız sistem ile kamera çerperine yerleştirilmiş visseral koruyucu batın ön duvarına yaslanır. Kamera eşliğinde trokar visseral koruyucu aparat içerisine yerleştirilir. Bu bölgede el aleti mil kısmı ilerletilerek visseral koruyucu başlık oyuğundan dışarı alınır. Vücut dışında el aleti iç gövde kısmı ile birleştirilir ve iç gövde batın içine alınır. Vücut dışında dış trokar ve el alet dış kısmı ile birleştirilir (Perkutan endoskopik gastrotomi uygulamasına benzer şekilde).



Şekil 3.1.Rutin birleştirme.

##### 3.1.2 Alternatif Uygulama Biçimi

Alternatif birleştirme yöntemimiz ise başlık ile bağlantılı olan iç gövde üzerine trokar klavuzunun adapte edilmesi ve bu parçaların visseral koruyucu aparat oyuğundan yerleştirilip kamera eşliğinde vücut içinden vücut dışına yerleştirilmesidir (klasik trokar yerleştirme yöntemi gibi dıştan içe değil, içten dışa yerleştirilmesi şeklinde uygulanması). Bu alternatif yöntemde amacımız tek bir hareket ile aletin yerleştirilmesidir.



Şekil 3.2. Alternatif uygulama.

### 3.2 Trokar ve El Aleti Gövdesinin Prototip Üretimi

Malzeme seçimi ve temini, tasarımın gereksinimlerini karşılamak üzere önemli bir adımdır. Bu bağlamda, 316 L paslanmaz çelik malzemesi, tasarımın özelliklerine uygun boyutlarda içi boş veya dolu olarak hazır bir şekilde temin edilmiştir. Ayrıca, klasik el aleti gövde kısmı ve trokar üzerine uygulanan kuvvetlerin canlı dışında ölçülmesi aşamasında gerçekleştirilen testler sonucunda elde edilen referans değerlere dayanarak, nitinol veya titanyum gibi alternatif malzemelerin kullanılması ve gerektiğinde sertleştirme için ısıtım işlemlerinin uygulanması yapılmıştır. Bu alternatif malzemeler ve işlemler, tasarımın daha üstün performans sergilemesi ve belirlenen hedeflere ulaşması için uygulanmıştır. Bu şekilde malzeme seçimi ve değerlendirilmesi, tasarımın kalitesini ve verimliliğini artırmayı hedeflemektedir.

Klasik el aletlerinin gövde kısmı ve trokar üzerine uygulanan kuvvetlerin canlı dışı ortamda ölçülmesi, tasarladığımız alet için bir referans değer oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Trokar üzerine binen yükün belirlenmesi için dinamometre kullanılmıştır. Organların ekartasyonu ve disseksiyonu sırasında uygulanan kuvvet değerlerinin sayısal olarak kaydedilmesi için canlı dışı düzenek kullanıldı ve dinamometre trokar içerisine yerleştirilmiştir. Bu sayede, deneylerde elde edilen veriler kullanılarak klasik el aletlerinin uyguladığı kuvvetlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Trokar ve el aleti gövde kısmı için mekanik çizim ve üretim süreci gerçekleştirildi. Bu amaçla, SolidWorks programı kullanılarak mekanik çizimler oluşturuldu. Ardından, hızlı prototipleme cihazı kullanılarak modelleme yapıldı. Bu model üzerinde çalışıldı ve prototip üretimi için hizmet alımı yapılarak deneme kalıpları temin edildi. Enjeksiyon yöntemleri kullanılarak trokar ve el aleti parçalarının prototipleri üretildi.

Tasarladığımız el aleti gövde kısmı ve trokar üzerine ex vivo ortamında uygulanan kuvvetlerin ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, önceki aşamada elde edilen referans değerler kullanılarak tasarımımızın değerlendirmesi yapılmıştır. Trokar üzerine etki eden kuvvetlerin belirlenmesi için ölçüm cihazları kullanıldı ve bu cihazlar vasıtasıyla elde edilen veriler kaydedilmiştir.

Tasarladığımız el aleti tutucu parçalarının kavrama kuvvetlerinin ölçülmesi süreci gerçekleştirildi. İş planının el aleti ve visseral koruyucu aparatın prototip üretilmesi aşamasında yer alan başlık kısımlarının tutma ve ayırma fonksiyonlarına sahip olan bölümlerinin kavrama kuvvetleri ölçüldü ve klasik el aletleri ile karşılaştırıldı. Bu aşama, prototip parçalarının oluşturulduktan sonra hayata geçirilmesi için en önemli adımlardan birini oluşturmaktadır. Elde edilen kavrama kuvveti verileri, tasarımın tutma ve ayırma işlevselliğini değerlendirmek ve klasik aletlere kıyasla performansını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Bu aşama, tasarımın prototip parçalarının gerçek dünyada test edilmesi ve iyileştirmelerin yapılması için kritik bir adımdır.

Klasik ve tasarladığımız el aletlerinin gövde kısmı ve trokar üzerine hayvan deneyi sırasında uygulanan kuvvetlerin ölçümü gerçekleştirildi. Deneyler sırasında, klasik aletlerin ve tasarladığımız aletlerin gövde kısımlarına etki eden güçler, dinamometre kullanılarak ölçüldü ve kaydedildi. Bu yöntem sayesinde, her iki aletin de gerçek hayatta kullanım sırasında gövde kısımlarına ne tür kuvvetlerin uygulandığı belirlendi. Bu veriler, aletlerin dayanıklılığı ve performansının değerlendirilmesi için önemli bir referans oluşturmuştur.

### **3.3 El Aleti ve Visseral Koruyucu Aparatın Prototip Üretilmesi**

El aleti, kumanda kısmı modellenmesi ve üretimi;

- Mevcut ürünlerin 3 boyutlu tarayıcılar yardımıyla taranması
- Tersine mühendislik yöntemleri ile 3 boyutlu parametrik tasarımın oluşturulması

- Hazırlanan tasarımın amaca uygun olarak değiştirilmesi
- Hızlı prototipleme makinesi ile model oluşturulması
- Model üzerinde değerlendirmeler
- Numune kalıbın hizmet alımı ile tedariki
- Parçaların üretilmesi ve birleştirilmesi

El aleti başlık kısımları, trokar modellenmesi ve üretimi: yukarıda bahsedilen aşamalar el aleti başlık çeşitleri ve yukarıda şematik olarak tarif ettiğimiz trokar için de uygulanacaktır. Başlık kısımlarının ayırma, tutma, kesme, dikiş atma fonksiyonları olan çeşitlerinin prototiplenmesi amaçlanmaktadır.

Visseral koruyucu modellenmesi ve üretimi: üretim aşamaları

Tasarlanan parçaların birleştirilmesi ve Prototip üretimi: Üretilen kumanda, gövde, trokar ve başlık parçaları birleştirilerek prototip üretilecektir.

Sonuçların potansiyel kullanıcılar ile paylaşılması

Alınan geri dönüşümler sonucunda revizyonların gerçekteştirilmesi

### **Tasarımımızın özgün değerleri**

- Laparoskopik aletlerin köprülerin inşası tekniklerinden ilham alınarak trokarların ve el aletleri gövde kısımlarının iğne boyutlarındaki küçüklüğe indirilerek dizaynı, adapte edilmesi ve destek yapıları ile aynı zamanda güçlü bir yapı haline getirilmesi,
- Kamera etrafına yerleştirilmiş ve trokar yerleştirilmesi sırasında batın öndüvarına ilerletilerek intestinal ve vasküler yaralanmayı engelleyen visseral koruyucu aparatı

### **Yukarıda bahsedilen tekniklerde karşılaşılan sorunlar**

1. Klasik laparoskopi: klasik laparoskopik cerrahide her alet için ayrı bir insizyon açılır. Örneğin appendektomi gibi açık cerahi teknik ile de nisbeten daha küçük insizyonlar ile gerçekteştirilen ameliyatlarda laparoskopik teknik bazı hekimler tarafından tercih edilmeyebilir. Çünkü laparoskopik cerrahide her alet için ayrı bir insizyon açılması gerektiğinden ameliyat sırasında daha fazla alet kullanma ihtiyacı gerektiğinde daha büyük insizyon gerekecektir. Laparoskopik cerrahinin

avantajlarından faydalanmak için az sayıda alet ile ameliyatların gerçekleştirilmesi ise cerrahiye zorlaştırabilir.

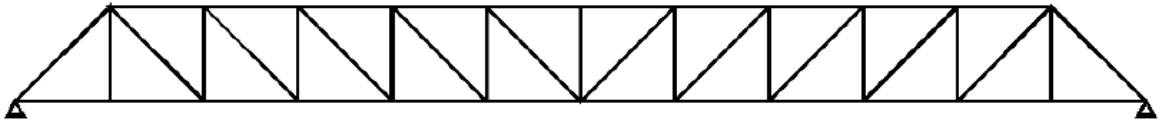
2. SILS cerrahi: en önemli sorunlar el aletlerinin kullanım sırasında çakışması, ters el ile çalışma zorluğu, ve açılı alet ile çalışılması. Aletlerin uçlarına açı verilmesinin nedeni el aletleri ile kameranın aynı insizyondan yerleştirilmesi nedeniyle ameliyat bölgesine uygun açılardan ulaşabilmektir.
3. Spider sils: sadece 4 alet için boşluk olması, gerektiğinde daha fazla alet kullanılamaması, ameliyatın seyrine gerektiğinde farklı açılardan alet kullanılamaması
4. Robotik cerrahi: maliyet, alet yerleştirilmesi klasik cerrahi ile aynı, insizyon küçültülmesi avantajı yok
5. Perkutan aparatlar: birleştirme zorluğu, manyetik kamera kullanma zorunluluğu, aletlerin ameliyat sırasında ayrılarak cerrahi saha içerisine düşmesi

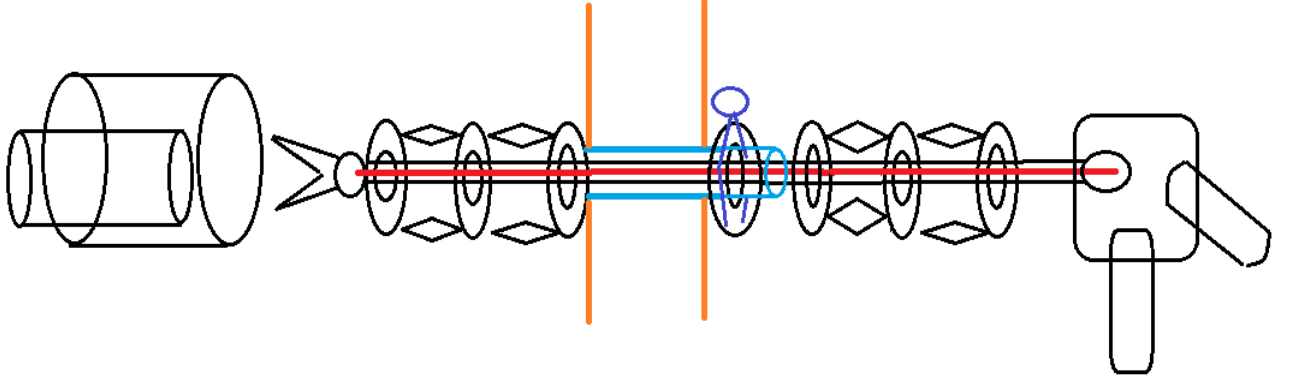
### 3.4 Tasarımımızın Özellikleri

#### 3.4.1 Küçük İnsizyon Oluşturabilme

Tasarımımızdaki hedeflerimizi hayata geçirebilmek için köprü inşasından esinlenilmiştir. Buna göre güçlü bir yapı oluşturabilmek için ince bir veya daha fazla sayıda boru birbirleri ile desteklenerek güçlü bir yapı elde edilir. İğnenin geçtiği cilt ciltaltı ve fasya dokusu bir bütün halinde destek olarak kullanılır. Bu alanda uygulanacak kuvvetin dokuya yansıtılması için cilt adaptörü ve periton adaptörü birbiri ile birleştirilir. Böylece SILS cerrahiye benzer şekilde umbilikus üzerinde uygulanan (kameranın çapına göre) 7-10 mm'lik insizyon yolu ile başlık kısımları konvansiyonel el aletleri ile aynı büyüklükte olan çok sayıda el aletinin 1,5 mm'lik insizyon ile batına adapte edilebilir.

Aşağıda bir köprü şekli ve tasarımımız ile benzerliği karşılaştırılmıştır.





Şekil 3.3. Küçük insizyon oluşturabilme.

### 3.4.2 Ergonomik Tasarım

Tasarımımızda cerrahın el bileğini ve dirseklerini yormayacak şekilde kumanda tasarımı planlanmaktadır.

### 3.4.3 Kolay Uygulanabilirlik

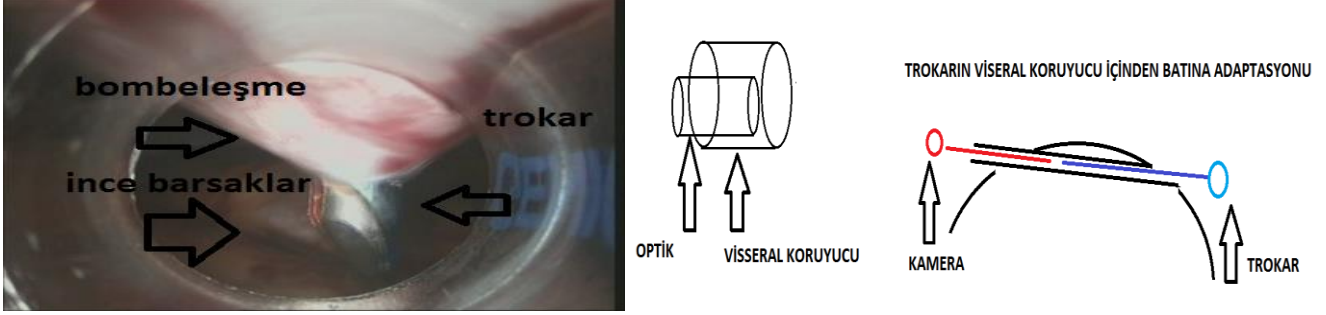
Tasarımımızdaki bağlantı sistemler, cerrahların kolay adapte olacağı şekilde düzenlenecektir. Özellikle alternatif uygulama yöntemi ile daha basit bir bağlantı olacağını değerlendirmekteyiz. Bunun yanı sıra perkutan cerrahi sistemlerin aksine bağlantı sisteminin vücut dışında yapılmasının laparoskopik el aleti başlık kısmının ameliyat sahasına düşmesi gibi problemleri engelleyeceğini düşünmekteyiz.

### 3.4.4 Maliyet

Tasarımımızın klasik laparoskopik el aletlerine yakın maliyet ile üretilebileceğini değerlendirdik.

### 3.4.5 Visseral Organların Korunması

Optik kamera etrafına yerleştiren visseral koruyucu aparatı ile vasküler ve intestinal organların korunması hedeflenmektedir. Klasik laparoskopide trokar yerleştirilmesi sırasında batın ön duvarının visseral organlara doğru bombeleşmesi nedeniyle bu organlarda istenmeyen hasarlanmalar oluşabilir. Tasarladığımız aparat ile optik kameranın çerperine yerleştirilmiş aparatın batın ön duvarına yaslanması ile bu bombeleşme engellenmekte ve trokarın aparat içerisinden batına adaptasyonu sağlanmaktadır. Böylece istenmeyen yaralanmaların önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

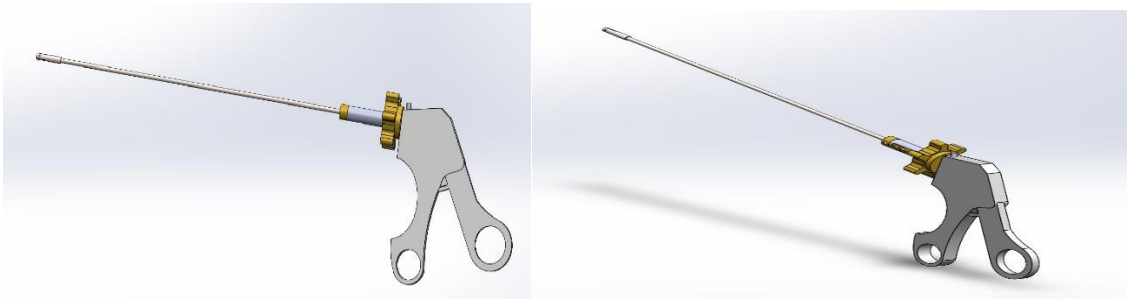


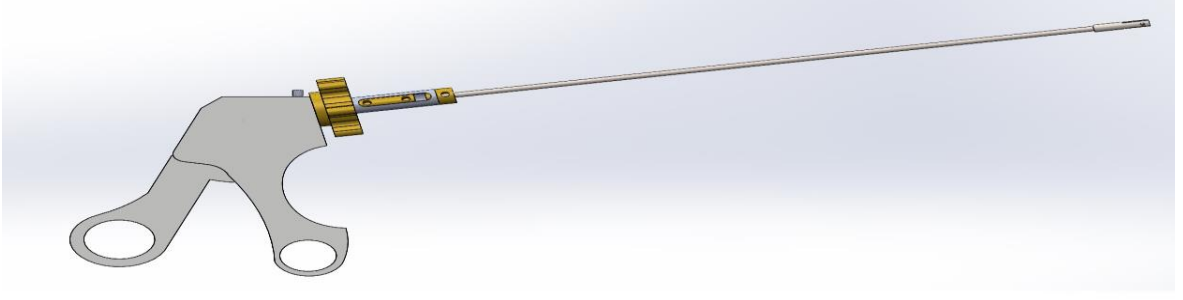
Şekil 2.19. Trokarın visseral koruyucu adaptasyonu.

### 3.4.6 Kozmetik Görünüm

SILS tekniğine benzer şekilde büyük insizyonun umbilikus üzerine yapılması kozmetik üstünlük sağlayacaktır.

## 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER





**Şekil 4.1:** Tasarım görseli.

Tasarımımızda bir giriş yerinden birden fazla aletin ameliyat sahasına adaptasyonu planlanmıştır. Böylece daha fazla sayıda alet ile ameliyatların gerçekleştirilmesine imkan tanıyacaktır. Cerrahları açık cerrahideki gibi alet sayısı konusunda sınırlama olmaksızın çalışabilmesi sağlanacaktır. Aletlerin başlık kısımların yaklaşık 5 mm iken, gövde kısımları 3 mm kalınlıktadır. Sonuç olarak aynı oluktan sıra ile birden fazla başlık geçerek, toplamda daha fazla sayıda el aletinin vücuda adaptasyonu mümkün hale gelmektedir. Da vinci robot bilindiği gibi ameliyat masasından farklı bir alanda konumlanmış bir kumanda ünitesi üzerinden ameliyatı gerçekleştirir. Tasarımımızda kumanda masası ameliyat masasının yanına yerleştirilmiştir. Böylece hem cerrahın hastanın yanında olması, vital bulgularını daha yakından takip etmesini, hem de aletlerin kullanılmasında yardımcı personelin de ameliyata katılmasını sağlanabilecektir.

Tasarladığımız sistemin laparoskopi, robotik cerrahi ve notes cerrahide uygulanabilecek bir tasarım olup, görüntüleme ve haptik sistemlerin eklenmesi ile ileri teknolojilere temel teşkil etmesi beklenmektedir.

Projenin gerçekleştirilmesi sonrasında seri üretime geçildiği takdirde tasarladığımız endoskopik sistemin yerli üretim olması, hastanede yatış süresini azaltması, daha az komplikasyona neden olması, erken işe dönüş sağlaması gibi özellikleri nedeniyle ülkemize yüksek katma değer katması hedeflenmektedir.

Tasarımımız, ile daha az invaziv yöntem ile; kumandaların ergonomik olarak kullanılabilmesi, kullanılan cerrahi aletlerin hareket kabiliyetlerinin artırılması, cerrahların alışkın oldukları teknikler ile daha kolay ameliyatları gerçekleştirebilmeleri amaçlanmaktadır.



**Maliyet:**

Bilindiği gibi halen kullanılan en popüler robotik cerrahi sistemi da vincidir. Buna göre karın cildinden yerleştirilen portlardan yerleştirilen cerrahi uçlara, cerrahın hareketlerinin algılanıp başlık kısmına iletilmesidir. Da vinci'nin en önemli özelliği başlık kısmındaki hareket özgürlüğüdür. Cerrahın el hareketleri büyük bir serbestiyet ile başlık kısmına iletilir.

Da vinci özellikle ürolojik operasyonlarda geniş kullanım alanı bulmuştur. Çünkü dar olan erkek pelvisinde çalışmak oldukça zordur. Yukarıda bahsedilen hareket özgürlüğü bu dar alanda ameliyatların daha rahat yapılabilmesine imkan tanır.

Da vinci'nin en önemli dezavantajı maliyettir. Bu nedenle genel cerrahide sık olarak yapılan safra kesesi, apandisit, kolektomi gibi ameliyatlarda yaygın olarak kullanılmamaktadır. Çünkü halen kullanılan laparoskopik aletler ile ameliyatlar rahatlıkla gerçekleştirilebilmekte, dar olan pelvis bölgesi gibi geniş hareket özgürlüğüne nisbeten daha az ihtiyaç duyulmaktadır.

Da vinci robotu bilindiği gibi temel olarak laparoskopinin prensiplerini kullanmaktadır. Ancak laparoskopi sırasında karşılaşılan hareket kısıtlılığını önemli derecede azaltmıştır. Cerrahlara önemli derecede hareket bağımsızlığı kazandırmıştır. Tasarımımızın yerli üretim olması nedeniyle maliyetin azalacağı değerlendirilmektedir.

**Daha az trokar**

Tasarımımızın en önemli özelliği da vinci gibi ciltte çok sayıda insizyon ihtiyacı duyulmamasıdır. Bilindiği gibi ciltte daha az sayıda ve küçük insizyon açılması hastaların daha kolay iyileşmesi, daha erken işe dönüş, daha az enfeksiyon, daha iyi kozmetik sonuçlar anlamına gelmektedir. Da vinci robotunda her bir alet için bir giriş yeri gerekmektedir. Tasarımımızda bir giriş yerinden birden fazla alet vücut içine yerleştirilmesi planlanmaktadır. Bu ise ameliyat sırasında da vinci robotundaki gibi 4 çalışma ile aleti değil, daha fazla sayıda alet ile ameliyatların gerçekleştirilmesine imkan tanıyacaktır. Cerrahları açık cerrahideki gibi alet sayısı konusunda sınırlama olmaksızın çalışabilmesi sağlanacaktır. Tasarladığımız sistem ile 3 den fazla alet ve birden fazla kamera kullanımı mümkün olabilmektedir. Aletlerin başlık kısımların yaklaşık 5 mm iken, gövde kısımları 1-2 mm kalınlıktadır. Sonuç olarak aynı oluktan sıra ile birden fazla başlık

geçerek, toplamda daha fazla sayıda el aletinin vücuda adaptasyonu mümkün hale gelmektedir.

### **Görüntüleme**

Ayrıca tasarımıımız ile birden fazla optik görüntüleme sistemi ile de çalışma imkanı olacaktır. Böylece hem biokuler görünüm imkanı, hem de çalışma alanını farklı açılardan izleme imkanı doğacaktır.

### **Kullanım kolaylığı**

Da vinci ve halen kullanılan sils cerrahi de aletlerin uç kısımlarının hareket kabiliyeti arttırılmıştır. Ancak özellikle açık cerrahi tekniklerde cerrahlar aletlerin gövde kısımlarını uygun pozisyona getirerek ameliyatları gerçekleştirirler. Tasarımıımızda aletlerin iki dirsekten kumanda edilmesi sağlanacak böylece uçların cerrahların alışkın olduğu şekilde uygun pozisyonlara getirilebilmesi sağlanacaktır.

Da vinci robot bilindiği gibi ameliyat masasından farklı bir alanda konumlanmış bir kumanda ünitesi üzerinden cerrah ameliyatı gerçekleştirir. Tasarımıımızda cerrah hasta başında yer alacak, böylece hastayı daha yakından takip edebilecektir. Ayrıca birden çok kumanda aynı platformda yer alacağı için yardımcı personelin de ameliyata katılması mümkün olabilecektir.

### **ANUBİSCOPE™**

Anubiscope bilindiği gibi transgastrik, transrektal veya transvajinal cerrahi için geliştirilmiş bir sistemdir. Fiberoptik kablonun etrafında açılanabilen cerrahi aletler yerleştirilmiştir. SAGES'in notes cerrahinin 5 yıllık gelişimi hakkında yayınladığı ikinci beyaz metinde peritoneal ulaşım, enfeksiyon, kanam kontrolü, cerrahların eğitimi gibi konularda araştırmaların devam ettiği, teknolojinin bu konularda ilerleme katdetmesi gerektiği bildirilmiştir. Zaten doğal yollardan uygulanan cerrahi mide, kolon veya vajen'in iatrojenik yaralanması, enfeksiyon ve aletlerin manuplasyon zorluğu nedeniyle yaygın olarak kullanılamamaktadır. Ancak noscar gibi toplulukların çalışmaları devam etmektedir. Doğal yollardan uygulanan cerrahi sistemler, gelecekteki cerrahi uygulamaların temelini oluşturacağı tahmin edilebilir. Tasarladığımız sistemde çok farklı açılardan ve farklı görüntülerden çalışabilme imkanı oluşacaktır.

## 5. KAYNAKLAR (APA)

- Aggarwal, R., Tully, A., Grantcharov, T., Larsen, C. R., Miskry, T., Farthing, A., and Darzi, A. (2006). Virtual reality simulation training can improve technical skills during laparoscopic salpingectomy for ectopic pregnancy. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 113(12), 1382-1387.
- Akyüz, Ö. F. (2002). *Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş*, Pagev Yayınları 2. Basım, İstanbul.
- Aslan, M. A. (1997). *Plastik ürün tasarım ilkeleri*.
- Bozkurt, M., ve Yumru, A. E. (2013). Transperitoneal Laparoskopide Farklı Giriş Alanları, Giriş Teknikleri ve Trokar Çeşitleri, *Journal of Turkish Society of Obstetrics and Gynecology*, 10(2), 59-66.
- Brill, A. I., and Cohen, B. M. (2003). Fundamentals of peritoneal access. *The Journal of the American Association of Gynecologic Laparoscopists*, 10(2), 287-297.
- Collinet, P., Ballester, M., Fauconnier, A., Deffieux, X., and Pierre, F. (2010). Les risques de la voie d'abord en cœlioscopie. *Journal de gynécologie obstétrique et biologie de la reproduction*, 39(8), S123-S135.
- Dallemagne, B., Quero, G., Lapergola, A., Guerriero, L., Fiorillo, C., and Perretta, S. (2018). *Treatment of giant paraesophageal hernia: pro laparoscopic approach*. *Hernia*, 22, 909-919.
- Dankelman, J., Grimbergen, C. A., and Stassen, H. G. (Eds.). (2004). *Engineering for patient safety: Issues in minimally invasive procedures*. CRC Press.
- Demirer, A. (1997). *Enjeksiyon Yöntemiyle Şekillendirilecek Plastik Mamüllerin Tasarım Kuralları*. *Sakarya Üniv. TEF Sakarya*.
- DesCôteaux, J. G., Blackmore, K., and Parsons, L. (1998). A prospective comparison of the costs of reusable and limited-reuse laparoscopic instruments. *Canadian journal of surgery*, 41(2), 136.

- Ertem, M., and Baca, B. (2006). Laparoskopik kolorektal girişimlerde güncel durum. *Turkish Journal of Surgery*, 22(3), 116-119.
- Geetha, K. R., Kudva, A., and Bhavatej. (2009). Laparoscopic appendicectomy versus open appendicectomy: a comparative study of clinical outcome and cost analysis— institutional experience. *Indian Journal of Surgery*, 71, 142-146.
- Gor, M., McCloy, R., Stone, R., and Smith, A. (2003). Virtual reality laparoscopic simulator for assessment in gynaecology. *BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology*, 110(2), 181-187.
- H. De Visser. (2003). “*Grasping safely: Instruments for bowel manipulation investigated*,” Ph.D. dissertation, Mechanical Maritime and Materials Engineering, Delft University.
- Hamilton EC, Scott DJ, Fleming JB, Rege RV, Laycock R, Bergen PC, Tesfay ST, et al. (2001), Comparison of video trainer and virtual reality training systems on acquisition of laparoscopic skill. *Surg Endosc*.16:406-411.
- Hardon, S. F., Schilder, F., Bonjer, J., Dankelman, J., and Horeman, T. (2019). A new modular mechanism that allows full detachability and cleaning of steerable laparoscopic instruments. *Surgical endoscopy*, 33, 3484-3493.
- Harrell, A. G., and Heniford, B. T. (2005). Minimally invasive abdominal surgery: lux et veritas past, present, and future. *The American journal of surgery*, 190(2), 239-243.
- Hassa H, Pabuçcu R. ve Gürgan T. (2004). Jinekoloji’de Laparoskopik Cerrahi. *Jinekolojik Endoskopi Derneği*. P. 8-15.
- Larsen, C. R., Grantcharov, T., Aggarwal, R., Tully, A., Sørensen, J. L., Dalsgaard, T., and Ottesen, B. (2006). Objective assessment of gynecologic laparoscopic skills using the LapSimGyn virtual reality simulator. *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques*, 20, 1460-1466.
- Litynski, G. S. (1997). Laparoscopy-The Early Attempts: Spotlighting Georg Kelling and Hans Christian Jacobaeus. *JSLs: Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*, 1(1), 83.

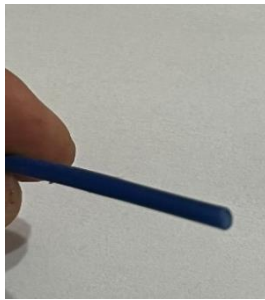
- Madec, F. X., Dariane, C., and Cornu, J. N. (2020). Evaluation and comparison of basic gestures in ex vivo laparoscopic surgery using a robotic instrument and traditional laparoscopic instruments. *Progrès en urologie*, 30(1), 58-63.
- Munz, Y., Kumar, B. D., Moorthy, K., Bann, S., and Darzi, A. (2004). Laparoscopic virtual reality and box trainers: is one superior to the other?. *Surgical endoscopy and other interventional techniques*, 18, 485-494.
- Onen, M. R., and Naderi, S. (2014). Robotic systems in spine surgery. *Turkish Neurosurgery*, 24(3).
- Peters, B. S., Armijo, P. R., Krause, C., Choudhury, S. A., and Oleynikov, D. (2018). Review of emerging surgical robotic technology. *Surgical endoscopy*, 32, 1636-1655.
- Rademaker BM V. (1994). Laparoskopik cerrahi için pnömoperitonun hemodinamik etkileri: CO2 ile N2O insüflasyonunun karşılaştırılması. *Eur J Anesthesiol.* 11(4):301–6.
- Sayek İ . (1996). Y T. *Laparoskopik cerrahi. In: Temel cerrahi..* Güneş Kitabevi;. p.1609–17.
- Turaçlı, H. (2000). *Enjeksiyon Kalıpları İmalatı*. PAGEV Yayınları, İstanbul, 10-150.
- Umut, B., Sümer, A., Dinççağ, A., Sarı, S., Gözkün, O., Mercan, S., ve Budak, D. (2009). Tek insizyondan laparoskopik cerrahi (TİLC) deneyimlerimiz. *Turkish Journal of Surgery/Ulusal Cerrahi Dergisi*, 25(3).
- Uysal, D., Gasch, C., Behnisch, R., Nickel, F., Müller-Stich, B. P., Hohenfellner, M., and Teber, D. (2021). Evaluation of new motorized articulating laparoscopic instruments by laparoscopic novices using a standardized laparoscopic skills curriculum. *Surgical endoscopy*, 35, 979-988.
- Van Veelen, M. A., and Meijer, D. W. (1999). Ergonomics and design of laparoscopic instruments: results of a survey among laparoscopic surgeons. *Journal of laparoendoscopic and advanced surgical techniques*, 9(6), 481-489.
- Webb Jr, K. E., and Fontenot, J. P. (1975). Medicinal drug residues in broiler litter and tissues from cattle fed litter. *Journal of Animal Science*, 41(4), 1212-1217.

Williamson, T., and Song, S. E. (2022). Robotic surgery techniques to improve traditional laparoscopy. *JSLs: Journal of the Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons*, 26(2).

# **EKLER**

## EKLER

### EK A: Laparoskopik cerrahi alet tasarımı görüntüleri





## **EK B: Açıklama**

Çalışmada Türk tıbbının ve tıbbi cihaz teknolojisinin ilerlemesi ve tıbbi cihaz teknolojisinde yerleştirme hamlelerine katkıda bulunarak çoğu noktada yurt dışından temin edilen cihazların yüksek yerlilik oranlarıyla ülkemizde üretilebilmesi adına başladım.

Bu kapsamda temel tıbbi cihaz araştırmalarını tamamlamamın akabinde laparoskopik cerrahide kullanılan aletler noktasında çalışma yapmanın verimli olacağı kanaatini edindim.

Temel laparoskopik cerrahi aletler üzerinde araştırmalarda bulunup otoritelerle görüşüp mevcut kullanılan aletlerin eksik yönlerini tespit ederek temel tasarım çalışmalarına başladım. Temel tasarım çalışmalarının ardından tasarladığımız değişik uç profillerine sahip laparoskopik cerrahi aletlerin üretilebilmesi adına Solidworks programını kullanarak temel ve detaylı üç boyutlu tasarımları gerçekleştirerek üretime hazır hale getirdim. Tasarım safahati boyunca doğrudan kullanıcı konumunda bulunan genel cerrahlardan görüşler alarak tasarım güncellemeleri ve iyileştirmelerini gerçekleştirdim. Akabinde imalat yöntemlerini tespit ederek parçaların imalatı için gerekli süreci başlattım. Tüm bu süreçler ilerlerken aynı zamanda maliyet analizlerini de yaparak üretim maliyetlerini de tespit ettim. Yapılan çalışmaların neticesinde üretilecek olan ürünün mali açıdan ve teknik açıdan yurt dışından temin edilen ürünler ile mukayesesi neticesinde üstünlükleri olduğunu gördüm ve kararlılıkla temel çalışma safahatını yüksek lisans tezi olarak gerçekleştirdim. Bu çalışmanın ülkemize hayırlı noktalarda katkıda bulunmasını temenni ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Kazım ÇALIŞKAN

Doğum tarihi ve yeri : 18.09.1989 / Vezirköprü (SAMSUN)

e-posta : [kazimcaliskan@hotmail.com.tr](mailto:kazimcaliskan@hotmail.com.tr)

[kazimcaliskan55@gmail.com](mailto:kazimcaliskan55@gmail.com)