دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین

گروه مهندسی مکاترونیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکاترونیک

عنوان

طراحی و ساخت ابزار جراحی لاپاراسکوپی هوشمند با قابلیت لمس

استاد راهنما

دکتر وحید عظیمی راد

استاد مشاور

دکتر منیژه ذاکری

پژوهشگر

سید صالح رضوی خسروشاهی

شهریور ۱۳۹۲

تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست.

تقدیم به خانواده عزیزم.

بسم الله الرحمن الرحيم

قدردانی

در این راستا سپاس گذاری از کسانی که شایسته قدردانی هستند، در سطح کلام میسر نیست. وظیفه خود می دانم، هرچند با زبان قاصر خویش، ولی به رسم دیرینه شاگردی، از اساتید محترمی که مرا یاری نمودند، تا امروز خود را در این جایگاه نظاره کنم، قدردانی می نمایم.

از جناب آقای **دکتر وحید عظیمی راد**، استاد راهنمای این پایان نامه، که در سراسر اجرای آن از راهنمایی ها و همکاری های بی شائبه ایشان بهره بردم و نصایحشان همواره چراغ راه این جانب بوده است، سپاسگذارم.

و همچنین از استاد محترم جناب آقای دکتر حبیب قنبرپور اصل، جناب آقای مهندس مجتهدی و استاد مشاور محترم جناب خانم دکتر ذاکری که مرا در این مسیر یاری نمودند و همچنین از استاد داور محترم، جناب آقای دکتر احمد قنبری که رهنمودهای ارزشمندشان بر غنای این پژوهش خواهد افزود، نهایت تشکر و امتنان خود را ابراز می دارم.

در پایان از تمامی دوستانی که در پیشرفت این پژوهش نقش بسزایی داشتند و همواره موجب دلگرمی اینجانب بوده و به هر نوع مرا در انجام این امر یاری نمودند، از صمیم قلب تشکر می کنم.

سید صالح رضوی خسروشاهی

شهریور ۱۳۹۲

نام خانوادگی دانشجو: رضوی خسروشاهی **نام**: سید صالح

عنوان پایان نامه: طراحی و ساخت ابزار جراحی لاپاروسکوپی هوشمند با قابلیت لمس

استاد راهنما: دکتر وحید عظیمی‌راد

استاد مشاور:دکتر منیژه ذاکری

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی: مکاترونیک گرایش: مکاترونیک

دانشگاه: دانشگاه تبریز دانشکده: مهندسی فناوریهای نوین

تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۱۳۹۲ تعداد صفحه: ۱۱۵

کلید واژه ها: ابزار جراحی لاپاروسکوپی انعطاف‌پذیر- ایجاد حس لامسه در ابزار- ربات پایه پیرو-سنسورهای هپتیک-جراحی با حداقل تهاجم

چکیده: در این پایان‌نامه طراحی و ساخت یک ابزار جراحی جدید با حداقل تهاجم ارائه شده است، به گونه‌ای که درجات آزادی بالا، حرکات شهودی و همچنین بازخورد نیرویی طبیعی را با هزینه‌ی پایین فراهم می‌کند. این ابزار جراحی دارای یک مکانیزم خم شونده و یک مکانیزم گرسپینگ با محرک کابلی می‌باشد. استفاده از رباتهای جراح باعث افزایش قدرت مانوردهی جراح، کاهش خستگی جراح و امکان ایجاد عملیات جراحی از راه دور شده است. با این حال سیستم‌های جراحی رباتیک موجود در بازار هیچ بازخورد نیرویی و لمسی برای جراح ایجاد نمی‌کنند. در حالیکه حس لمس در عملیات جراحی باز، جراح را در تشخیص بافت‌های نرمال و غیر نرمال کمک می‌کند. به همین علت فراهم کردن بازخورد نیرو برای جراح، در جراحی‌های رباتیک با حداقل تهاجم ضروری می‌باشد. بنابراین در این پایان‌نامه طراحی و ساخت یک ابزار جراحی به صورت موتوری با ۳ درجه آزادی انجام شده است به طوریکه می‌تواند میزان نیروی گرسپینگ را با استفاده از سنسوری که به طور مستقیم در گرسپر جاسازی شده است، با دقتی در حدود ۰/۱ نیوتون به مرکز کنترل هدایت کند. همچنین گرسپر، میزان نیروی مطلوب وارد شده از طریق کاربر را با برنامه کنترلی تناسبی می‌تواند با دقت ۰/۳ نیوتون به جسم در حال تماس وارد کند.

فهرست

فصل۱ ۱

مقدمه ۲

۱-۱. شرح موضوع ۳

۱-۲. اهمیت موضوع ۱۰

۱-۳. مروری بر کارهای انجام شده ۱۰

۱-۳-۱. ابزارهای جراحی لاپاروسکوپی انعطاف‌پذیر ۱۱

۱-۳-۲. سنسورهای نیرو و لمسی ۲۰

۱-۳-۳. قابلیت لمس در ابزارهای‌جراحی ۲۵

۱-۴. تعیین مشخصات فنی مطلوب برای یک ابزار جراحی لاپاروسکوپی انعطاف‌پذیر ۳۰

۱-۵. تعهدات ۳۰

فصل۲ ۳۲

مقدمه ۳۳

۲-۱. طراحی مکانیکی و مکانیزم ابزار جراحی لاپاروسکوپی ۳۳

۲-۱-۱. طرح اول ۳۴

۲-۱-۲. طرح دوم ۳۹

۲-۱-۳. طرح سوم ۴۴

۲-۲. طراحی مکانیکی و مکانیزم ابزار جراحی لاپاروسکوپی موتوری با قابلیت لمس ۴۷

۲-۲-۱. طراحی مکانیکی و مکانیزم قسمت گرسپر ابزار با قابلیت لمس ۴۸

۲-۲-۲. طراحی مکانیکی و مکانیزم قسمت انعطاف‌پذیر ابزار ۵۳

۲-۲-۳. طراحی مکانیکی و مکانیزم قسمت مرکز کنترل ابزار ۵۴

۲-۳. پیاده‌سازی و راه‌اندازی ابزار ۵۶

۲-۳-۱. تعیین و راه‌اندازی کنترلر ابزار ۵۷

۲-۳-۲. تعیین نحوه‌ی خواندن موقعیت و سرعت شفت موتور ۵۷

۲-۳-۳. راه اندازی سنسور نیرو و کالیبراسیون آن ۶۳

۲-۳-۴. تعیین پارامترهای موتور و روابط بین آنها ۶۶

۲-۳-۵. راه‌اندازی سنسور جریان ۷۱

۲-۴. برنامه راه‌اندازی ربات ۷۱

۲-۵. تست نحوه‌ی عملکرد ابزار جراحی لاپاروسکوپی موتوری ۷۳

فصل۳ **۷۶**
۳-۱. نتیجه گیری ۷۷
۳-۲. پیشنهادات و کارهای آینده ۷۹
منابع **۸۱**

پیوست

فهرست اشکال

شکل۱-۱. نمایی کلی از جراحی باز و جراحی لاپاراسکوپی ۳

شکل۱-۲. یک نمونه از تروکار برای جراحی لاپاروسکوپی یک شکاف ۴

شکل۱-۳. یک نمونه از ابزارهای جراحی لاپاراسکوپی سنتی ۵

شکل۱-۴. عمل جراحی لاپاروسکوپی به روش جراحی با یک شکاف ۵

شکل۱-۵. نمایی از ربات جراح داوینچی ۶

شکل۱-۶. واسط هپتیکی **freedom-6s** ۹

شکل۱-۷. واسط هپتکی **surgical workstation** ۹

شکل۱-۸. واسط هپتیکی **XITACT IHP** ۱۰

شکل۱-۹. (آ) نمای کلی از ابزار ریل‌هتد (ب) مکانیزم قسمت مفصل‌بندی شده (ث) ایجاد راهنما برای جلوگیری از حرکت جانبی قسمت انعطاف‌پذیر ۱۱

شکل۱-۱۰. نمایی کلی از ابزار انعطاف‌پذیر ۱۲

شکل۱-۱۱. نمایی کلی از ابزار فلکس‌دکس ۱۲

شکل۱-۱۲. (آ) مکانیزم قسمت انعطاف‌پذیر (ب) مکانیزم مرکزی مجازی ۱۳

شکل۱-۱۳. تفاوت بین عملکرد ابزار ریل‌هند(شکل سمت چپ) و ابزار فلکس‌دکس (شکل سمت راست) ۱۳

شکل۱-۱۴. مکانیزم لغزشی لینک‌ها برای حرکت قسمت انعطاف‌پذیر ابزار ۱۴

شکل۱-۱۵. نمای کلی از قسمت انعطاف‌پذیرابزار و نحوه‌ی قرار گیری دو درجه آزادی در کنار هم (آ) نمونه ساخته شده (ب) نمایش لینک‌های متحرک و محدودکننده ۱۴

شکل۱-۱۶. ابزار لاپاروسکوپی کویدین ۱۵

شکل۱-۱۷. ابزار لاپاروسکوپی لاپاروانگل ۱۵

شکل۱-۱۸. ابزار لاپاروسکوپی الیمپوس ۱۶

شکل۱-۱۹. نمای کلی ابزار لاپاروسکوپی ردیوس(شکل سمت چپ)، قسمت انعطاف‌پذیر ابزار و گرسپر(شکل سمت راست) ۱۶

شکل۱-۲۰. (آ) مکانیزم رول، پیچ، یاو قسمت انعطاف‌پذیر ابزار (ب) مکانیزم رول، پیچ، رول (ث) مکانیزم دیگر از رول، پیچ، رول ۱۷

شکل۱-۲۱. (آ) مکانیزم قسمت انعطاف‌پذیر ابزار استفاده از چند دیسک (ب) مکانیزم مرکز فرمان ۱۷

شکل۱-۲۲. (آ) مکانیزم قسمت انعطاف‌پذیر ابزار استفاده از چند دیسک (ب) مکانیزم مرکز فرمان ۱۸

شکل۱-۲۳. نحوه‌ی قرارگیری آلیاژهای حافظه‌دار برای ایجاد حرکت پیچ ۱۹

شکل۱-۲۴. نمای کلی از ربات **IREP** ۲۰

شکل۱-۲۵. نحوه‌ی قرار گیری سنسور کرنش‌سنج در شفت ابزار ۲۵

شکل۱-۲۶. دیاگرام بلوکی یک پایه پیرو با بازخورد نیرو ۲۶

شکل۱-۲۷. (آ)گرسپر ربات داوینچی که سنسور فکسی‌فورس در فک بالا و پایین آن جاسازی شده است. (ب) آرایه ۲*۳ از بالون که به طور مستقیم در مستر ربات جراح برای انگشتان شصت و اشاره جاسازی شده است ۲۶

شکل۱-۲۸. (آ) نمایی کلی از ابزار **DLR** برای اهداف جراحی رباتیک با حداقل تهاجم (ب) نمای بزرگ شده از قسمت گرسپر، قسمت انعطاف‌پذیر و سنسور ۲۷

شکل۱-۲۹. نمایی از سنسور استوارت، پارامترهای هندسی بستر استوارت(شکل سمت چپ) کرنش میانگین بر روی سنسور نیرو و گشتاور برای بار ۳۰ نیتون(شکل سمت راست) ۲۷

شکل۱-۳۰. قسمت بالایی ربات $\mathbf{MC^2E}$ و محل قرارگیری سنسور ۲۸

شکل۱-۳۱. نمونه گرسپر لاپاروسکوپی با بازخورد نیرو در ۳ جهت ۲۹

شکل۱-۳۲. (آ) ابزار مجهز شده با کرنش‌سنج برای تست میزان نیرو و دقت مورد نیاز (ب) نمونه سنسور ساخته شده قبل از چسباندن قسمت جلویی که ۳ فیبر نوری در آن جاسازی شده **۲۹**

شکل۲-۱. ابزار جراحی انعطاف‌پذیر دستی طراحی شده در نرم افزار CATIA **۳۵**

شکل۲-۲. مکانیزم حرکتی کابل‌ها طراحی شده در نرم افزار CATIA **۳۵**

شکل۲-۳. استفاده از فنر برای ایجاد انعطاف در انتهای ابزار ..... **Error! Bookmark not defined.**

شکل۲-۴. مکانیزم حرکتی گرسپر توسط کابل **۳۷**

شکل۲-۵. نمونه ابزار ساخته شده طرح ۱ ..... **۳۷**

شکل۲-۶. قسمت محیط مجازی ابزار جراحی انعطاف‌پذیر طرح ۲ طراحی شده در **CATIA** **۳۹**

شکل۲-۷. مکانیزم تحریک کابل در ابزار جراحی لاپاروسکوپی انعطاف‌پذیر طرح ۲ ..... **۴۰**

شکل۲-۸. نمای انفجاری مکانیزم تحریک کابل طرح ۲ ..... **۴۰**

شکل۲-۹. شیار ایجاد شده در فنر برای ایجاد راهنما در قسمت انعطاف‌پذیر ابزار **۴۱**

شکل۲-۱۰. ماشین‌کاری در چهار طرف فنر برای ایجاد راهنما در قسمت انعطاف‌پذیر ابزار **۴۱**

شکل۲-۱۱. نمای انفجاری قسمت انعطاف‌پذیر ابزار طرح ۲ ..... **۴۲**

شکل۲-۱۲. نمونه ساخته شده قسمت انعطاف‌پذیر ابزار طرح ۲ ..... **۴۲**

شکل۲-۱۳. طرح نهایی قسمت محیط مجازی ابزار جراحی انعطاف‌پذیر **۴۴**

شکل۲-۱۴. استفاده از مکانیزم مفصل‌شده در قسمت انعطاف‌پذیر ابزار **۴۵**

شکل۲-۱۵. بزرگنمایی لینک‌های قسمت انعطاف‌پذیر ابزارطرح ۳ ..... **۴۶**

شکل۲-۱۶. نمای انفجاری قسمت انعطاف‌پذیر ابزار طرح۳ ..... **۴۶**

شکل۲-۱۷. نمونه ساخته شده ابزار جراحی لاپاروسکوپی انعطاف‌پذیر طرح ۳ ..... **۴۷**

شکل۲-۱۸. سنسور نیرو فلکسی‌فورس **۴۹**

شکل۲-۱۹. گرسپر طراحی شده در نرم‌افزار **CATIA** **۵۰**

شکل۲-۲۰. نمای انفجاری از گرسپر طراحی شده **۵۰**

شکل۲-۲۱. پارامترهای هندسی گرسپر طراحی شده **۵۱**

شکل۲-۲۲. نمودار مربوط به متغیر زاویه‌ی گرسپر و تابع هزینه **۵۲**

شکل۲-۲۳. نمونه ساخته شده گرسپر **۵۳**

شکل۲-۲۴. نمونه ساخته شده قسمت انعطاف‌پذیر ابزار با مکانیزم مفصل‌بندی شده **۵۳**

شکل۲-۲۵. طراحی قسمت مرکز فرمان ابزار در نرم افزار **CATIA** **۵۵**

شکل۲-۲۶. نمای انفجاری ابزار اتوماتیک **۵۵**

شکل۲-۲۷. نمای کلی از طراحی ابزار به صورت موتوری **۵۶**

شکل۲-۲۸. نمای کلی از نمونه ساخته شده ابزار جراحی موتوری(شکل سمت راست) قسمت مرکز کنترل ابزار(شکل سمت چپ) **۵۶**

شکل۲-۲۹. مکانیزم انکودر و شکل پالس‌های خروجی از آن **۵۸**

شکل۲-۳۰. موتور دی‌سی گیربکس‌دار فال‌هابر برای انجام عمل گرسپینگ **۶۰**

شکل۲-۳۱. موتور دی‌سی گیربکس‌دار برای ایجاد حرکات رول و پیچ **۶۰**

شکل۲-۳۲. نمودار مربوط به داده‌ی مربوط به موقعیت انکودر و مقدار تخمین زده شده از مسیر مطلوب **۶۱**

شکل۲-۳۳. نمودار حاصل شده از سرعت تخمین زده شده، سرعت واقعی و سرعت حاصله از داده‌ی خام انکودر **۶۲**

شکل۲-۳۴. نمودار مربوط به شتاب حاصله از تخمین و مقدار واقعی آن **۶۲**

شکل۲-۳۵. نمودار مربوط به موقعیت حاصل از نتایج عملی بین داده‌ی انکودر و مسیر تخمین زده شده **۶۲**

شکل۲-۳۶. مدار راه انداز سنسور نیرو **۶۳**

شکل۲-۳۷. آزمایش انجام شده جهت کالیبراسیون سنسور نیرو **۶۴**

شکل۲-۳۸. نمودار حاصله از تغیرات نیرو و تغیرات ولتاژ حاصله در سنسور **۶۵**

شکل۲-۳۹. نمودار حاصل از رابطه میان سرعت دورانی و ولتاژ **۶۷**

شکل۲-۴۰. آزمایش انجام شده برای بدست آوردن رابطه میان ولتاژ و گشتاور برای موتور مربوط به عمل گرسپینگ **۶۸**

شکل۲-۴۱. نمودار حاصل از رابطه میان ولتاژ و گشتاور برای موتور مربوط به عمل گرسپینگ **۶۹**

شکل۲-۴۲. نمودار میان ولتاژ اعمالی به موتور و نیروی حاصله در سنسور در ابزار **۷۰**

شکل۲-۴۳. سنسور جریان **۷۱**

شکل۲-۴۴. نمایی از نحوه‌ی راه اندازی ابزار **۷۳**

شکل۲-۴۵. منحنی پاسخ پله برای گرسپر **۷۴**

شکل۲-۴۶. گرسپر در تماس با بافت **۷۵**

فهرست جداول

جدول۲-۱. داده‌های مربوط به میزان نیرو و تغیرات ولتاژ در سنسور جهت کالیبراسیون سنسور نیرو **۶۴**

جدول۲-۲. داده‌های حاصل از آزمایش مربوط به یافتن رابطه میان ولتاژ و سرعت دورانی **۶۶**

جدول۲-۳. داده‌های حاصله از تست، جهت یافتن رابطه میان ولتاژ و گشتاور برای موتور مربوط به عمل گرسپینگ **۶۸**

جدول۲-۴. داده‌های حاصل از تست سنسور و موتور بر روی ابزار **۷۰**

فصل۱

پیشینه تحقیقات

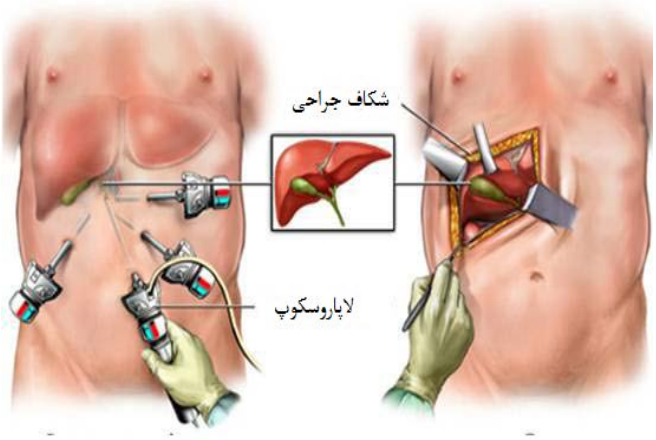
مقدمه

در اواخر سال ۱۹۸۰، توسعه فن‌آوری برای جراحی با حداقل تهاجم به جراح اجازه داده است عمل جراحی را بدون استفاده مستقیم از دست خود در اتاق‌های عمل انجام دهد. چند سال بعد، پیشرفت تکنولوژی در زمینه ربات، منجر به استفاده از رباتها در اتاق‌های عمل شد. در حال حاضر، پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی رباتیک استفاده از جراحی رباتیک با حداقل تهاجم را سیستم‌های عادی کرده است. در مقایسه با روش‌های سنتی جراحی، جراحی رباتیک با حداقل تهاجم مزایای قابل توجه برای بیماران و جراحان دارد. به علت این مزایای مهم، جراحی رباتیک با حداقل تهاجم و جراحی با حداقل تهاجم در حال رشد سریع است پیش‌بینی شده است این پیشرفت به بیش از چند دهه آینده گسترش یابد. با این حال، با وجود برتری جراحی با حداقل تهاجم و جراحی رباتیک با حداقل تهاجم نسبت به روشهای سنتی جراحی باز، چند مشکل حل نشده در جراحی با حداقل تهاجم و جراحی رباتیک با حداقل تهاجم وجود دارد. یکی از کاستی‌های مهم، فقدان بازخورد لمسی (نیرو و لامسه) به جراحان است. به عنوان مثال، ربات داوینچی که یکی از سیستم‌های گسترده جراحی رباتیک با حداقل تهاجم است بازخورد لمسی را در طول دستکاری بافت برای جراح فراهم نمی‌کند.

۱-۱. شرح موضوع

عمل جراحی باز متداول بر اساس دسترسی به بافت از طریق یک برش بزرگ در حدود ۵۰ تا ۳۰۰ میلیمتر است. این برش بزرگ دید مستقیم از آناتومی بیمار را به جراح و دستیار فراهم می‌کند برش بزرگ به جراح و دستیار این اجازه را می‌دهد تا دست خود را در تماس مستقیم با بافت و یا برای دستکاری بافت از طریق وسایل جراحی ساده مانند چاقو، قیچی، گرسپر و ... قرار دهد.

جراحی آندوسکوپی، یا جراحی با حداقل تهاجم[۱]، یک تکنیک عمل بر اساس دسترسی به بافت از طریق ۳ تا ۵ برش کوچک در حدود ۵-۱۵ میلیمتر در بدن بیمار جهت درمان می‌باشد. از طریق یکی از برش‌ها، یک آندوسکوپ، مجهز به یک دوربین فیلمبرداری کوچک وارد می‌شود. جراح و دستیار به یک مانیتور نگاه می‌کنند که تصاویر آن توسط آندوسکوپ تهیه می‌شود. از طریق برش‌های دیگر ابزاری بلند، باریک، سفت و سخت وارد شده تا بافت داخلی بیمار را درمان کند. برای ایجاد یک فضای کاری بزرگتر در داخل بیمار، اغلب گاز دی اکسید کربن[۲] درون حفره دمیده می‌شود (شکل۱-۱). برای جلوگیری از نشت گاز از مسیر برش و حفاظت از بافت در نزدیکی محل برش جراحی، آندوسکوپ و ابزارها را از طریق تروکار[۳]ها (کانولای فلزی یا پلاستیکی) که در مقابل نشت هوا درز بندی شده‌اند وارد می‌کنند (شکل۱-۲) [۱].



شکل۱-۱. نمایی کلی از جراحی باز و جراحی لاپاراسکوپی [۲]

[۱] Minimal invasive surgery (MIS)
[۲] CO2
[۳] Trocars

شکل۱-۲. یک نمونه از تروکار برای جراحی لاپاروسکوپی یک شکاف [۳]

با وجود مزایای بسیار برای بیمار، روش حداقل تهاجمی دارای یک سری معایب برای جراح است، که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. جراح دید مستقیم سه بعدی روی میدان عمل ندارد.
۲. ابزارها دارای درجه آزادی عمل محدودی می‌باشند.
۳. بازخورد نیرو تضعیف شده و حس لامسه از بین می‌رود.

وسایل جراحی در عمل جراحی اندوسکوپیک به حرکت انعطاف‌پذیر کم با توجه به مسیرهای رویکرد محدود از طریق تروکارها و شکل مستقیم ابزار محدود شده است. نمونه‌ای از این ابزارهای سنتی که در شکل (۱-۳) مشاهده می‌شود دارای یک شفت دراز، نازک و سخت می‌باشد که دریک طرف این شفت یک دسته قیچی شکل وجود دارد که به عنوان ورودی ابزار عمل می‌کند. حرکت دسته از طریق شفت به حرکت باز یا بسته شدن قیچی یا گرسپر منتقل می‌شود. از جمله مزیت‌های این ابزار می‌توان به انتقال صحیح میزان نیرو از انتهای ابزار به دست جراح، هزینه پایین و همچنین گرسپینگ بالای این ابزار اشاره کرد. ولی انعطاف‌پذیری پایین یا به عبارت دیگر درجه آزادی پایین، همراه با نمایش محدود در میدان عمل با یک آندوسکوپ، به جراحان استرس جسمی و روانی می‌دهد که باعث مشکلات قابل توجهی است [۴].

شکل۱-۳. یک نمونه از ابزارهای جراحی لاپاراسکوپی سنتی [۵]

با ادامه نوآوری‌ها و پیشرفت‌های تکنولوژی در زمینه ساخت، روش جراحی در قرن ۲۱ به سمت جلو حرکت کرده، که یکی از ایده‌های ظاهر شده در زمینه جراحی لاپاروسکوپی، جراحی لاپاروسکوپی توسط یک شکاف[1] می‌باشد. ایده اساسی به این صورت می‌باشد که تمام پورت‌های کاری لاپاروسکوپی وارد شده از دیواره شکمی از طریق یک شکاف مشترک باشد [۳] (شکل۱-۴).

شکل۱-۴. عمل جراحی لاپاروسکوپی به روش جراحی با یک شکاف [۳]

جراحی لاپاروسکوپی توسط یک شکاف یک روش تهاجمی کمتر نسبت به جراحی لاپاروسکوپی معمولی می‌باشد. با این حال جراحی لاپاروسکوپی توسط یک شکاف همان میزان درجه آزادی و تکنیک‌های اجرایی را نسبت به جراحی لاپاروسکوپی نمی‌دهد. ابزار های لاپاروسکوپی سفت و سخت (ثابت) نمی‌توانند درجه آزادی مورد نیاز جراح را در وضعیتی مطمئن فراهم کنند. نسل جدیدی از ابزارهای لاپاروسکوپی با قابلیت مفصل‌دار

[1] Single Incision Laparoscopic Surgery (SILS)

کردن گرسپرشان در حال حاضر موجود است. اگرچه این ابزارها، انعطاف پذیری مورد نیاز برای کارهای پیچیده را فراهم می‌کنند اما ممکن است کنترل آنها با افزایش پیچیدگیشان مختل شود [۶]. به علت محدودیت‌های اندازه، استرلیزاسیون و وزن، ابزارهای انعطاف پذیر مختلفی توسعه داده شده است. بیشترین تکنولوژی‌های مهم اخیر که در زمینه ابزارهای دستی جراحی کم تهاجم پیشروی داشته، دارای دو چرخش مچ شکل در سر گرسپر نسبت به شفت می‌باشد با اضافه کردن این دو درجه آزادی مهارت جراح افزایش پیدا می‌کند و می‌تواند در عین انجام گرسپینگ، سر گرسپر را بچرخاند. هر چه کنترل این دو درجه آزادی بیشتر شهودی و اورگونومیک[1] باشد کار با آن ابزار در حین عمل راحتر بوده و جراح عملیات پیچیده را به راحتی می‌تواند انجام دهد و همچنین دوره یادگیری جراح با این ابزارها نیز کاهش می‌یابد.

کامپیوتر نیز به عنوان دستیار عمل جراحی، وارد اتاق عمل شده است، که فرصت‌هایی برای پیشرفت‌های جدید و بهبود عمل جراحی فراهم کرده است. در این ربات‌ها، کامپیوتر بین دست جراح و پنجه ابزار قرار داده شده است. این سیستم‌ها شامل یک کنسول پایه[2] است که جراح در آن می‌نشیند و به نمایشگر دو چشمی نگاه می‌کند. یک سیستم رباتیک سه بازویی در میز جراحی قرار گرفته است که دو بازو برای حرکات ابزارها و بازوی وسط برای کنترل سیستم اپتیک دو کاناله می‌باشد، که به این قسمت سیستم پیرو[3] گفته می‌شود. مزیت مهم این سیستم پایه پیرو معرفی یک سیستم با درجه آزادی اضافی برای کنترل ابزار داخل بدن می‌باشد که اندو-ریست نامیده می‌شود (شکل۱-۵). حرکات دست و انگشتان جراح به سر ابزار منتقل می‌شود که به جراح این اجازه را می دهد که سر ابزار را به صورت کاملا شهودی کنترل کند. با این حال، هزینه بالا، اندازه و فقدان بازخورد نیرو عوامل مهمی برای محدود کردن استفاده از این ابزارها می‌باشند. جایگزین مقرون به صرفه به جای این ربات‌ها، ابزارهای مکانیکی دستی هستند.

شکل۱-۵. نمایی از ربات جراح داوینچی[۲]

[1] ergonomic
[2] master
[3] slave